社団法人 日本配電制御システム工業会
社団法人 日本電機工業会　技術交流会

# インバータを使用した制御盤の設計にあたって
## ーご注意とそのポイントー

社団法人 日本電機工業会
インバータドライブ技術専門委員会

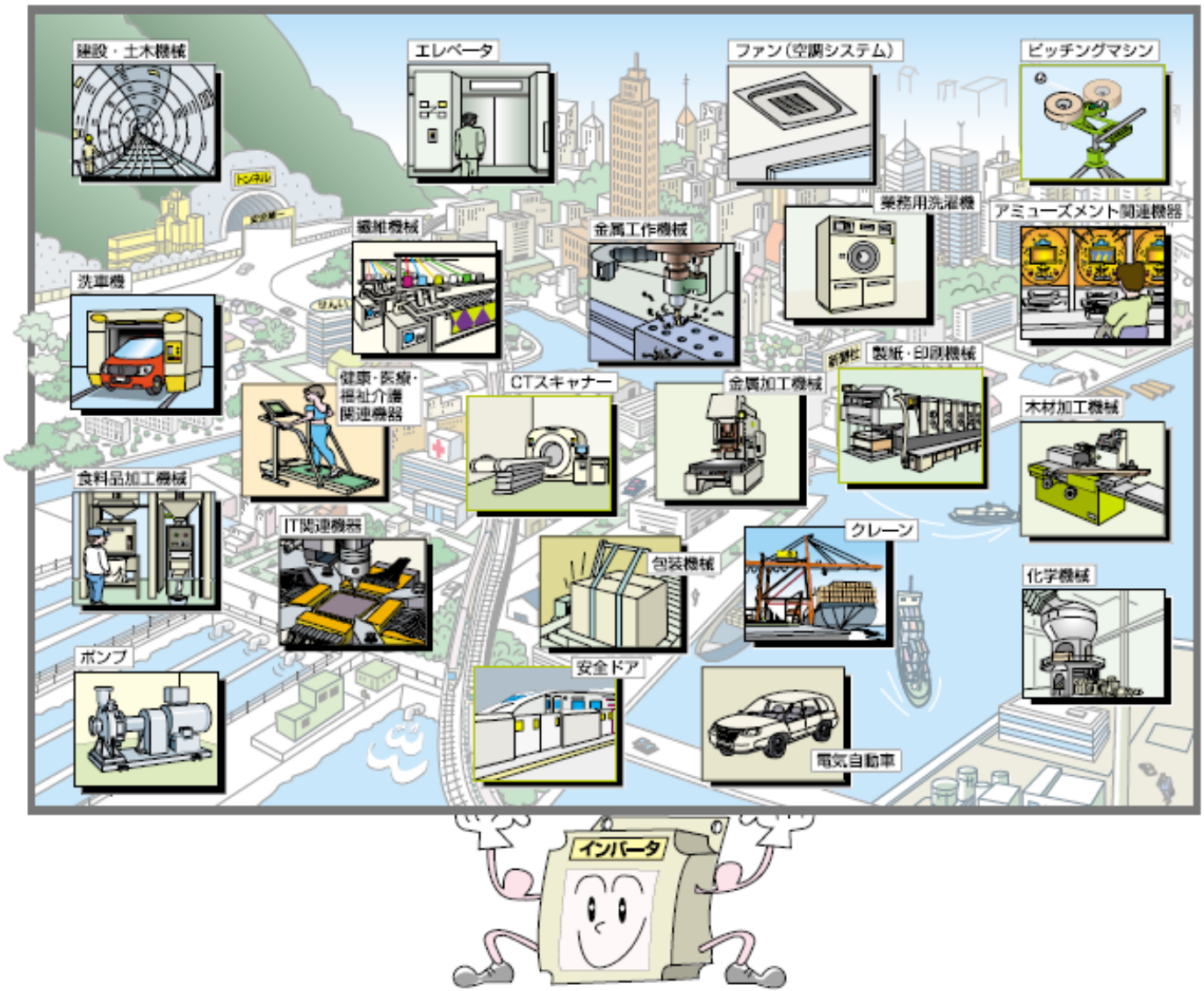
東京(内野委員[日立産機システム])
高松(白石副委員長[三菱電機])
九州(宮野委員長[安川電機])
札幌(奥田委員[富士電機システムズ])

# 目次

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータ制御の原理
3. インバータの技術課題
4. 実装設計における検討事項
5. 周辺機器について
6. 定期点検・メンテナンスのお願い

# 1. インバータを取り巻く環境（1）

## 広がるインバータの用途



# 1．インバータを取り巻く環境（2）

## インバータ化の様々なメリット

**省エネ**

回転数で流量を制御することでダンパ制御に比べて大幅に省エネ

**高速**

高速運転仕様のモータとの組み合わせで、商用の電源周波数（50/60Hz）では運転できない高速度での運転が可能

**ソフトスタート/ストップ**

加速・減速時間を任意にセットしてショックレスにスタートストップ可能。

「可変速化」

**指令設定だけで正転・逆転**

逆転用の操作回路が不要

**始動電流が少ない**

商業電源運転時：500～600%、
インバータ運転時100～150%
電源設備容量が小さくて良い

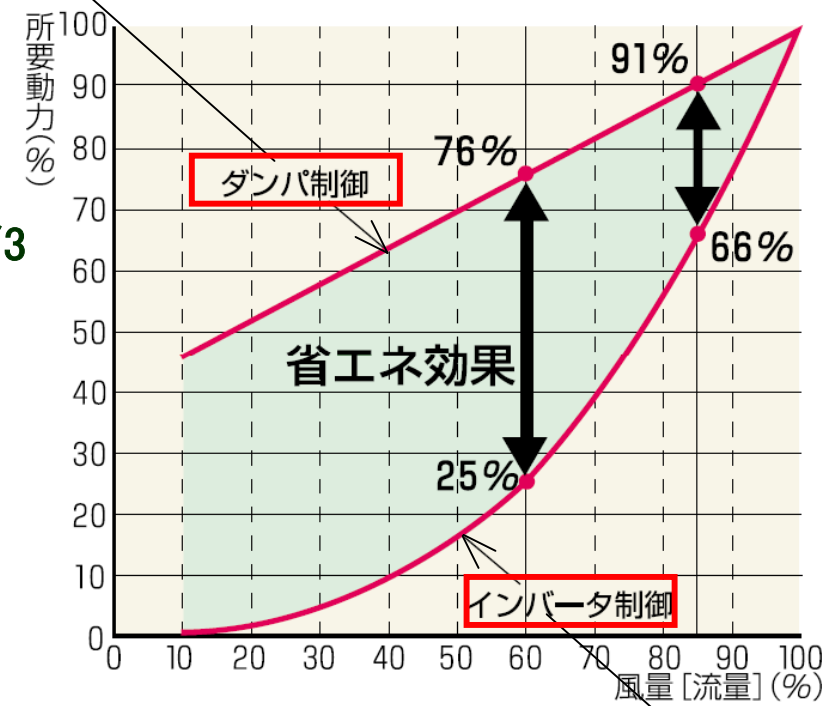
# 1．インバータを取り巻く環境（3）

## インバータ化で期待される省エネ効果

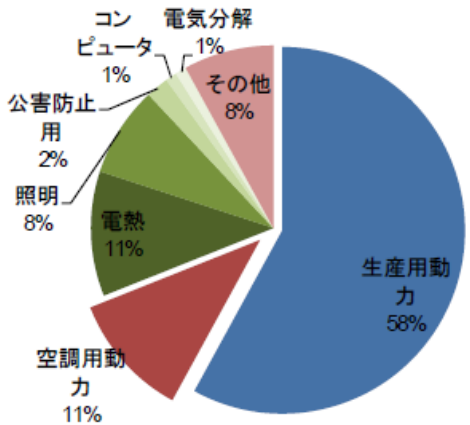
ファン・ポンプを商用電源で直接
駆動してダンパで流量制御

↓

風量や流量を下げても
ダンパやバルブの損失が発生




モータで消費される電力は全体の約2/3




平均的な工場消費電力に占める
用途別電力量割合（1996年）

（出典：岩井，1997（平成8年東京電力調べ））
電力中央研究所 研究報告Y08045

インバータによりモータの回転速度を
変化させることで風量や流量を調整

↓

風量や流量は回転速度に比例
使用する電力は回転数の3乗に比例

# 1. インバータを取り巻く環境（4）

## インバータによる省エネ計算の例

例えば、事務所空調設備での省エネルギー効果は、
運転パターンを流量；85%：2000時間、60%：2000時間の
合計4000時間/年、電動機出力：15kW×1台
（インバータ効率：95%と仮定）

**ダンパ（バルブ）制御**の場合

（15kW×91%×2000時間）+（15kW×76%×2000時間）

= 50,100 kWh

**インバータ使用**の場合

（15kW×66%×2000時間）+（15kW×25%×2000時間）

= 27,300 kWh

**年間の省エネルギー効果**

50,100kWh − 27,300kWh

= 22,800 kWh / 年

**電力料金の節約効果**

22,800kWh ×16円

= 36.5 万円 / 年

**年間の$CO_2$削減量**

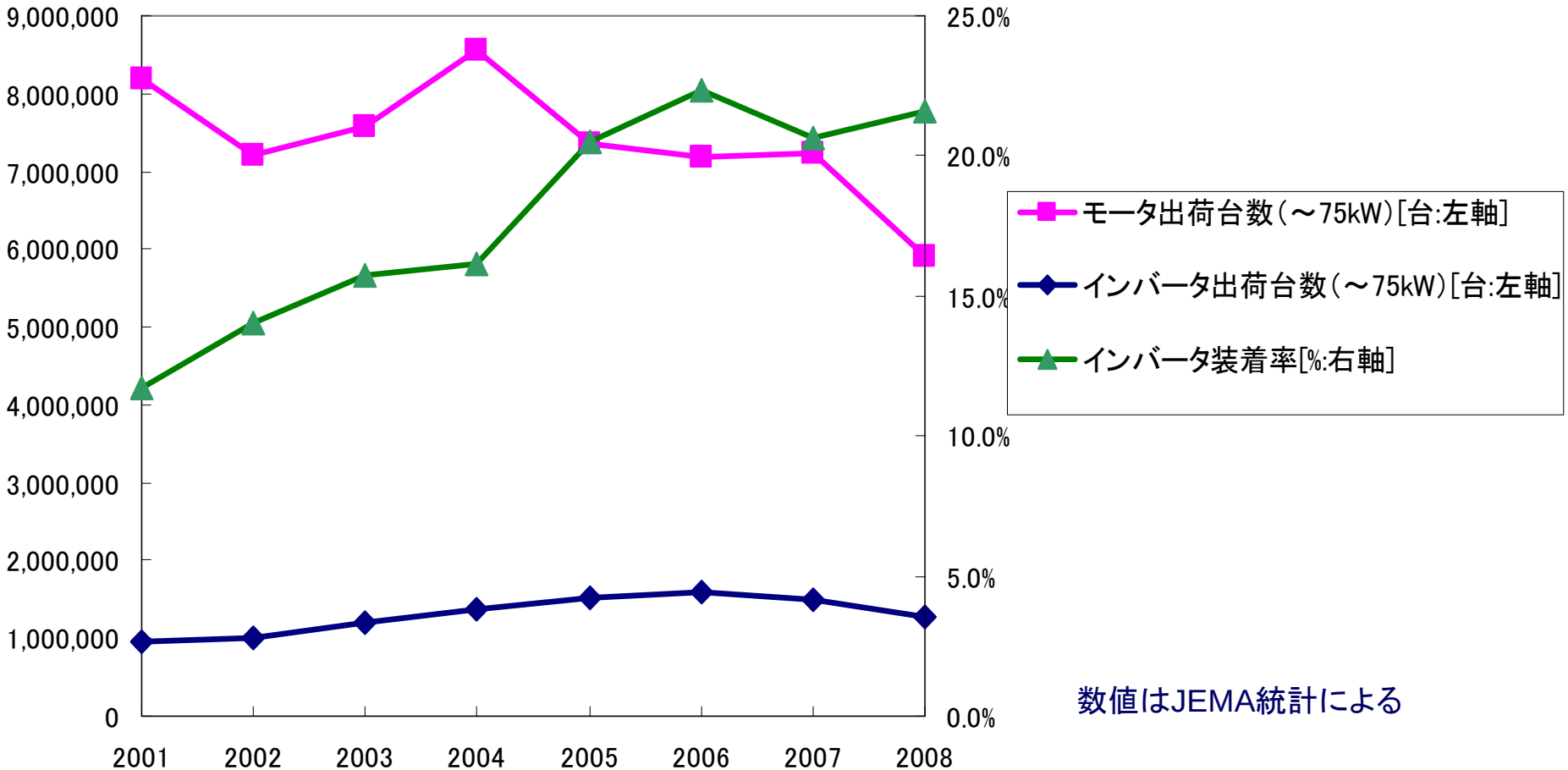
22,800kWh ×0.555

= 12.7 kg / 年

# 1．インバータを取り巻く環境（5）

## 環境保全を担うエネルギーインフラとして高まるインバータの普及率

### 現状約20%の装着率で増加傾向




数値はJEMA統計による

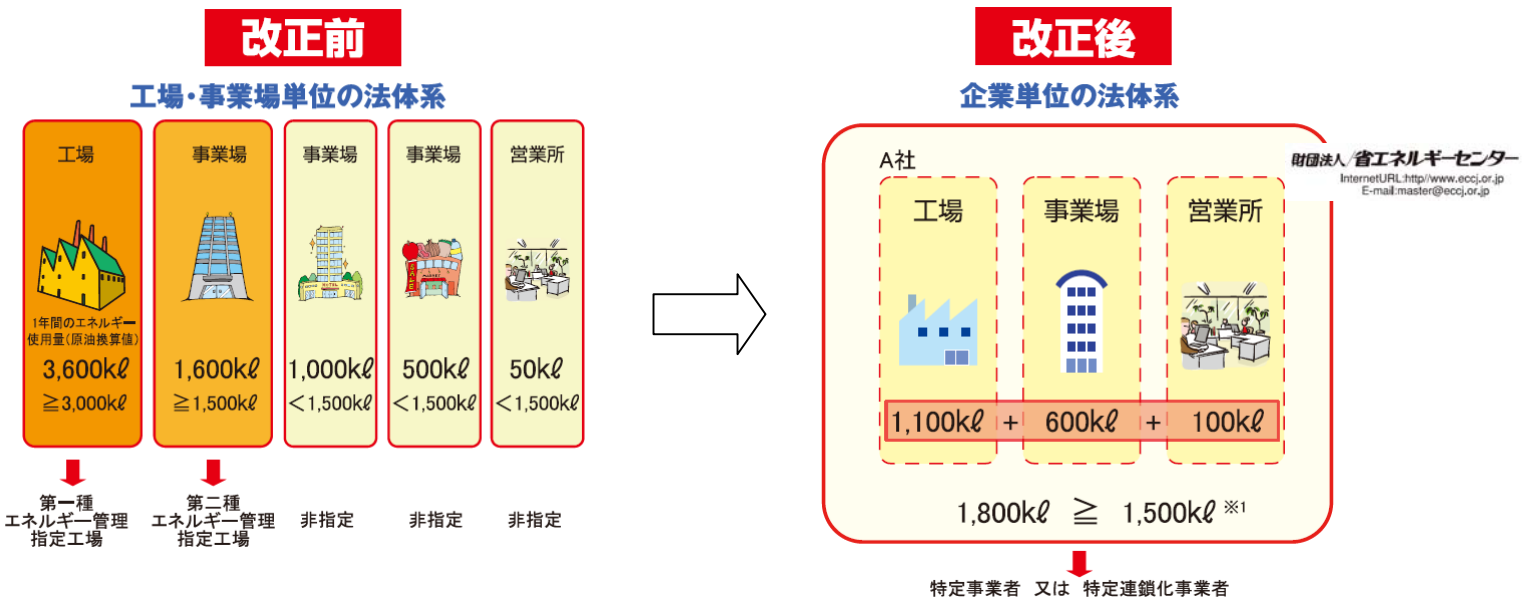
# 1. インバータを取り巻く環境（6）

## 平成21年度省エネ法改正

### 工場・オフィス等に係る省エネルギー対策の強化（対象の拡大）

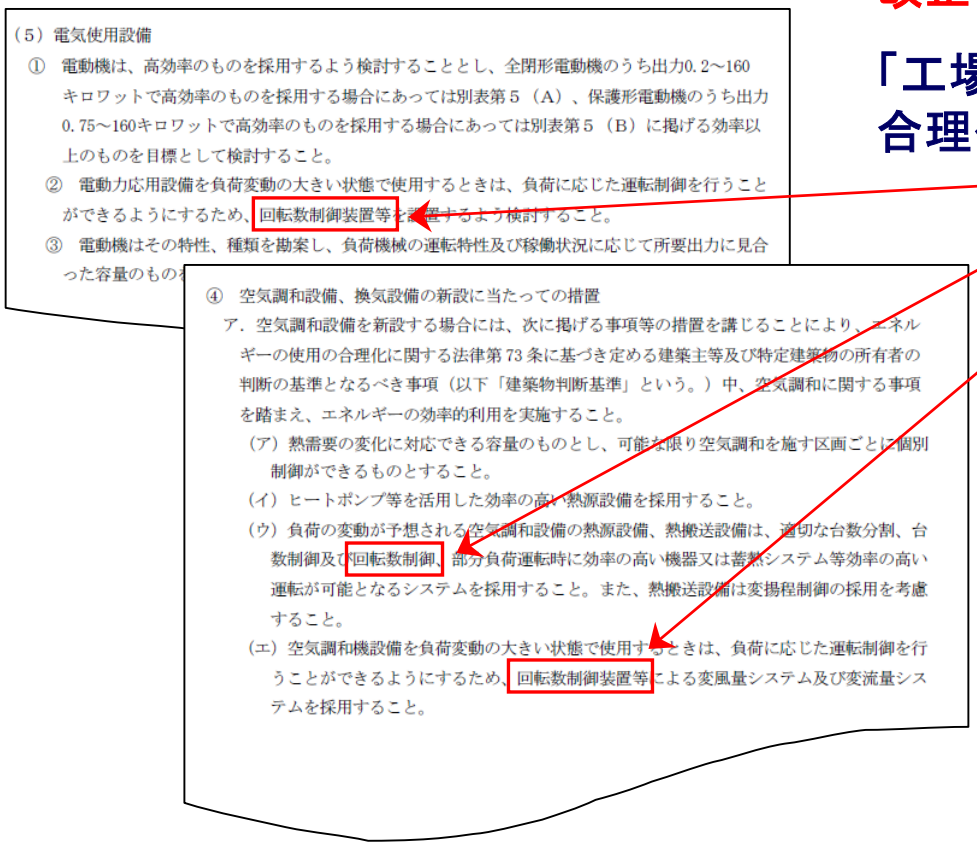
事業者単位での総合的なエネルギー管理を促す規則体系の導入

- 工場等において一定以上のエネルギーを使用している事業者（特定事業者）に対し、事業者単位のエネルギー管理に係る所要の措置を手当。（事業者単位の中長期計画・定期計画、エネルギー管理統括者等の選任等）
- 一定以上のエネルギーを使用している工場等については、引き続き、現場管理に係る所要の措置を手当。（指定工場におけるエネルギー管理者等の選任等）
- なお、フランチャイズチェーンについては、チェーン全体を一事業者と捉え規制対象とする。



# 1. インバータを取り巻く環境（7）

## 今後ますます期待されるインバータの普及



（5）電気使用設備

① 電動機は、高効率のものを採用するよう検討することとし、全閉形電動機のうち出力0.2～160キロワットで高効率のものを採用する場合にあっては別表第５（A）、保護形電動機のうち出力0.75～160キロワットで高効率のものを採用する場合にあっては別表第５（B）に掲げる効率以上のものを目標として検討すること。

② 電動力応用設備を負荷変動の大きい状態で使用するときは、負荷に応じた運転制御を行うことができるようにするため、回転数制御装置等を設置するよう検討すること。

③ 電動機はその特性、種類を勘案し、負荷機械の運転特性及び稼働状況に応じて所要出力に見合った容量のもの

④ 空気調和設備、換気設備の新設に当たっての措置

ア．空気調和設備を新設する場合には、次に掲げる事項等の措置を講じることにより、エネルギーの使用の合理化に関する法律第73条に基づき定める建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準となるべき事項（以下「建築物判断基準」という。）中、空気調和に関する事項を踏まえ、エネルギーの効率的利用を実施すること。

（ア）熱需要の変化に対応できる容量のものとし、可能な限り空気調和を施す区画ごとに個別制御ができるものとすること。

（イ）ヒートポンプ等を活用した効率の高い熱源設備を採用すること。

（ウ）負荷の変動が予想される空気調和設備の熱源設備、熱搬送設備は、適切な台数分割、台数制御及び回転数制御、部分負荷運転時に効率の高い機器又は蓄熱システム等効率の高い運転が可能となるシステムを採用すること。また、熱搬送設備は変揚程制御の採用を考慮すること。

（エ）空気調和機設備を負荷変動の大きい状態で使用するときは、負荷に応じた運転制御を行うことができるようにするため、回転数制御装置等による変風量システム及び変流量システムを採用すること。

**改正省エネ法**

**「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」**

**「回転数制御（＝インバータの利用）」による省エネが推奨されている。**

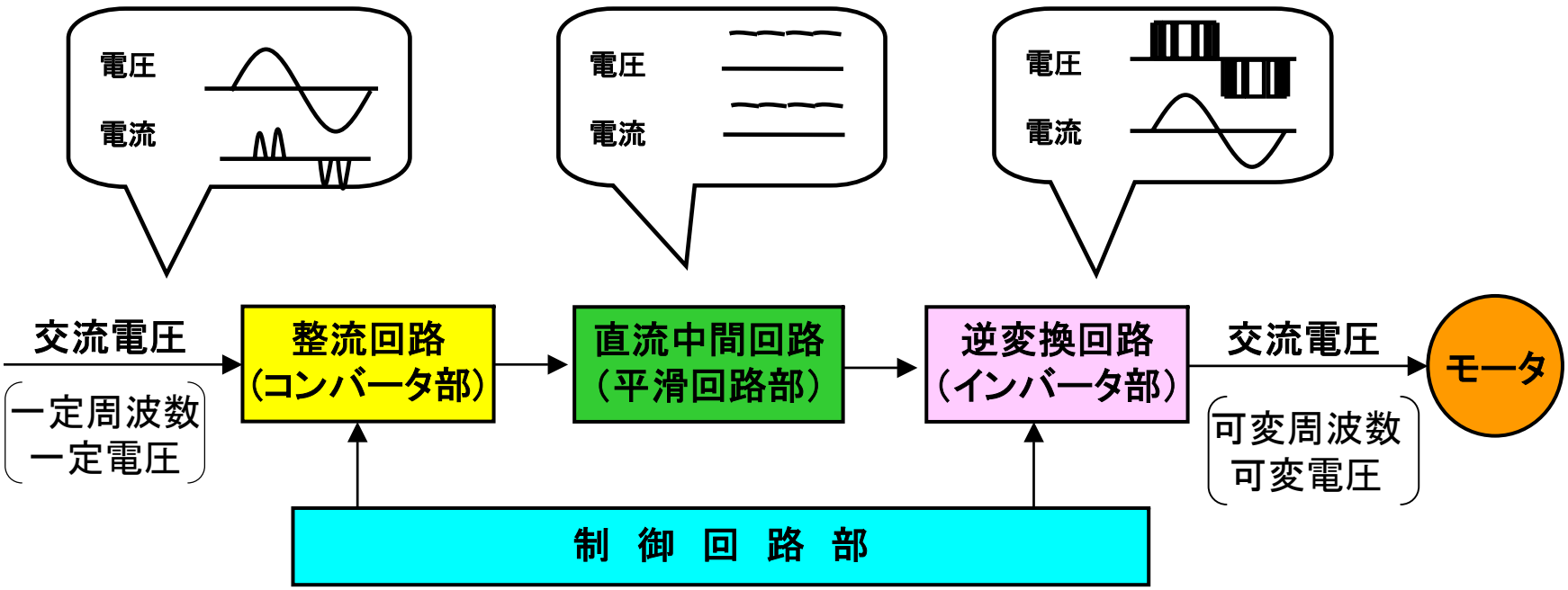
本日は、今後ますます普及が期待されるインバータをご使用いただく上で、設置において留意する点、メンテナンスの必要性など御説明申し上げます。

# 目次

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータ制御の原理
3. インバータの技術課題
4. 実装設計における検討事項
5. 周辺機器について
6. 定期点検・メンテナンスのお願い

# 2. インバータ制御の原理(1)

インバータとは ➡ 任意の可変周波数と可変電圧を制御する装置

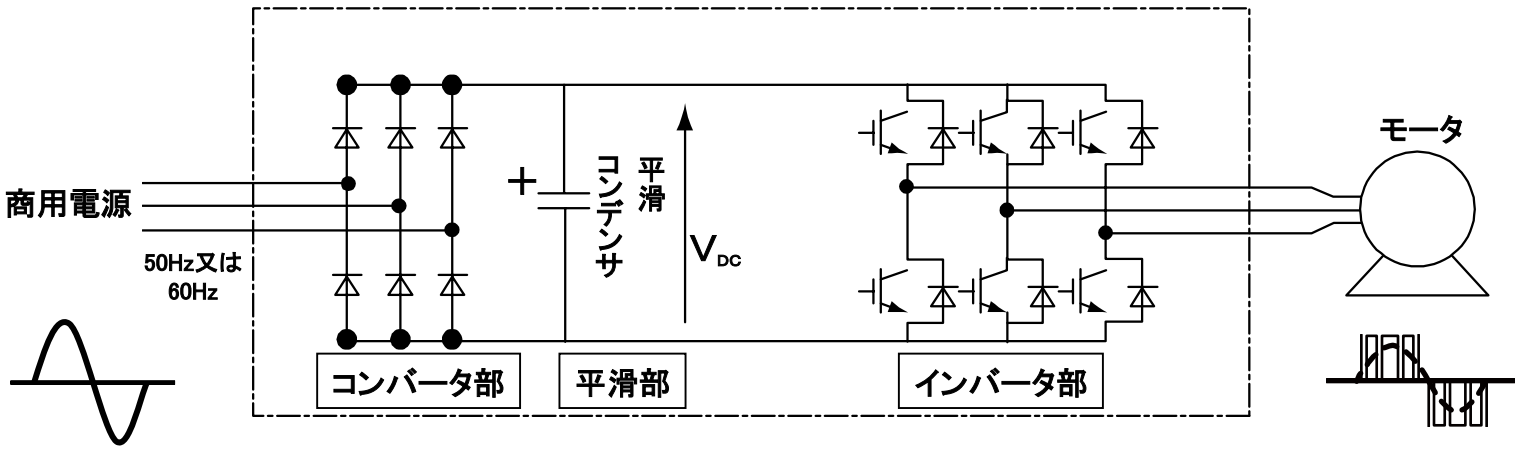



［インバータの構成］

# 2. インバータ制御の原理(2)

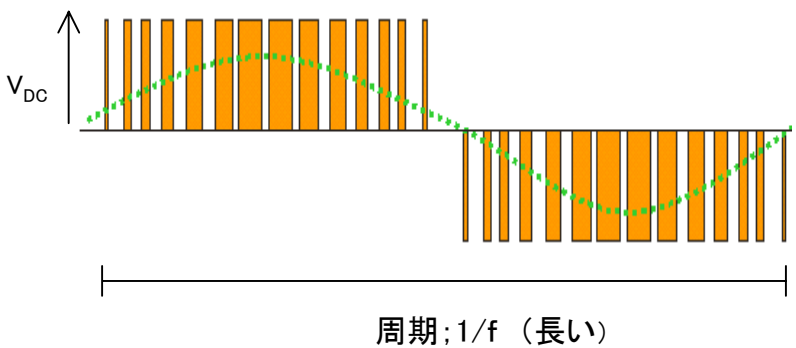
## 電圧・周波数の制御

直流電圧をパルス化して、パルス幅と周期を制御すれば、擬似正弦波(Subharmonics)の出力が可能



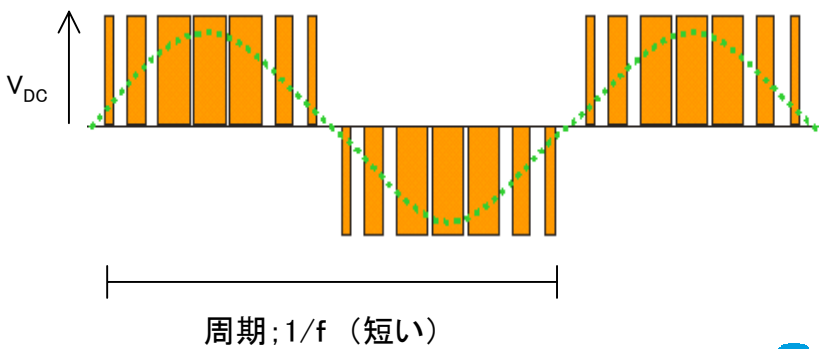

低電圧・低周波数

パルスの幅が狭く
実効電圧が小さい。




高電圧・高周波数

パルスの幅が広く
実効電圧が大きい。



# 目次

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータ制御の原理
3. インバータの技術課題
4. 実装設計における検討事項
5. 周辺機器について
6. 定期点検・メンテナンスのお願い

# 3. インバータの技術課題(1)

インバータは直流電圧をパルス化して、パルス幅と周期を制御し、可変周波数、可変電圧出力が可能。⇒このパルス幅制御(PWM制御という;実情は、急峻な電圧変化をもつパルスの塊で電圧、周波数の制御している事になる)の結果、商用電源駆動と異なった課題も生じる。

## 代表的なインバータドライブの課題

1. 電磁ノイズの増加

2. 電源高調波(電源ノイズといわれることもある);直接にはPWM制御と関係しないが、商用交流から、直流電圧を作るときに発生する

3. 高周波漏れ電流の増加

4. モータ巻線に発生するマイクロサージ電圧

(注)なぜ、わざわざ課題の発生しやすい急峻なパルスを使って制御するのか？
ゆっくりした立ち上がりのパルスの制御ではできないか？？

・パルス数/1サイクルを多くできない⇒モータのキーンという電磁音が大きい、電流のリップル(パルス毎の電流変化)が大きく、又細かい電圧の制御ができないため、モータの滑らかな運転ができない(特に低速、低電圧時))

・スイッチング時のトランジスタの損失が大きい⇒インバータの冷却が大変になる、寸法が大きくなる。

★上記を勘案して、ほどほどのパルス数(通常約2kHz程度～15kHz程度)で制御されている。

# 3. インバータの技術課題(2)

## 電磁ノイズ，高調波の区別

| | 電磁ノイズ | 高調波(ノイズ) |
|---|---|---|
| 周波数帯 | ・高周波(10kHz～30MHz程度) | ・最大40～50次<br>（2～3kHz程度） |
| 主な発生源 | ・インバータ部 | ・コンバータ部 |
| 伝達経路 | ・電路　；　伝導<br>・空間　；　放射<br>・誘導　；　電磁誘導、静電誘導 | ・電路 |
| 関係要素 | ・距離，布線距離 | ・線路インピーダンス |
| 発生要因 | ・電圧変化率<br>・スイッチング周波数 | ・電源容量<br>（電源インピーダンス） |
| 現　　象 | ・センサ類の誤検出/誤動作<br>・ラジオの雑音 | ・進相コンデンサの発熱<br>・発電機の発熱 |
| 主な対策 | ・配線経路の変更<br>・ノイズフィルタの設置 | ・リアクトルの設置<br>・12相整流<br>・正弦波電源回生コンバータ |

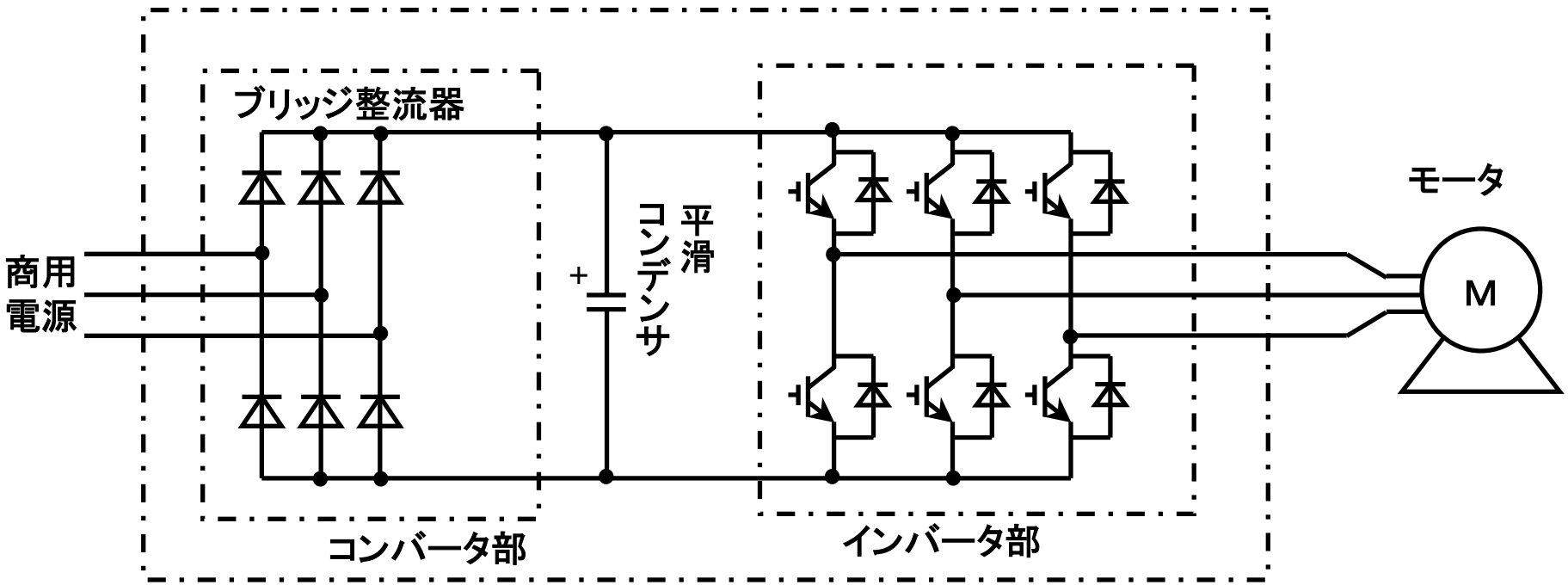
# 3. インバータの技術課題(3)

## 高調波の発生源

### 発生の原因

平滑コンデンサ付
整流回路による高調波電流の発生

トランジスタの
高速スイッチングによる電磁ノイズの発生



# 3. インバータの技術課題(4)

## 課題1. 電磁ノイズの他機器への影響の例

1. AMラジオへの雑音

2. 無線電話への雑音

3. 近接スイッチの誤動作

4. 圧力センサの誤動作

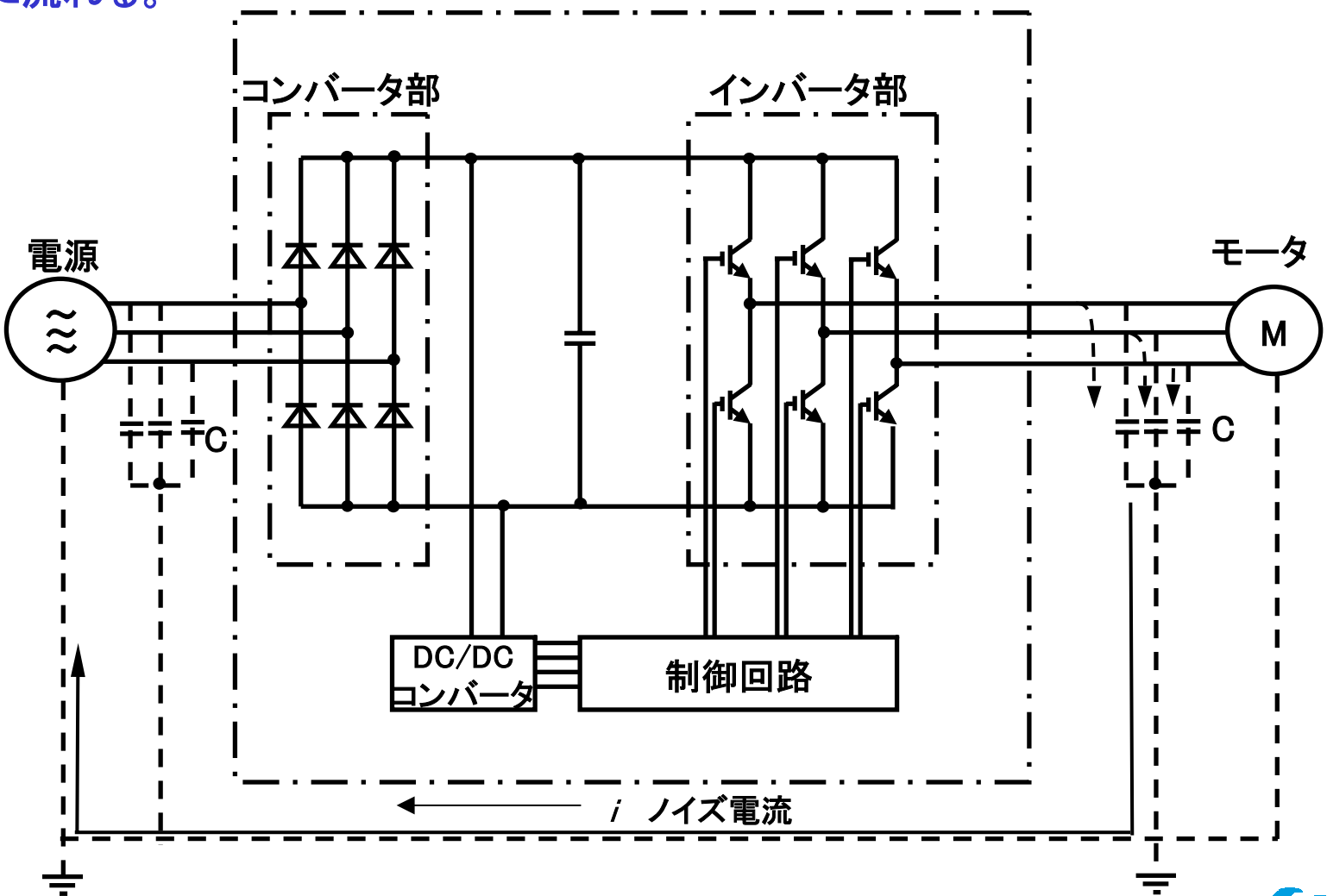
5. 位置検出器(PG)のパルス誤差、カウントミス

6. PLCの誤信号入力、誤動作

# 3. インバータの技術課題(5)

## ノイズの伝播経路(1)

トランジスタのスイッチングによるノイズ電流が回路の浮遊容量(コンデンサ成分)を通じて、各回路に流れる。

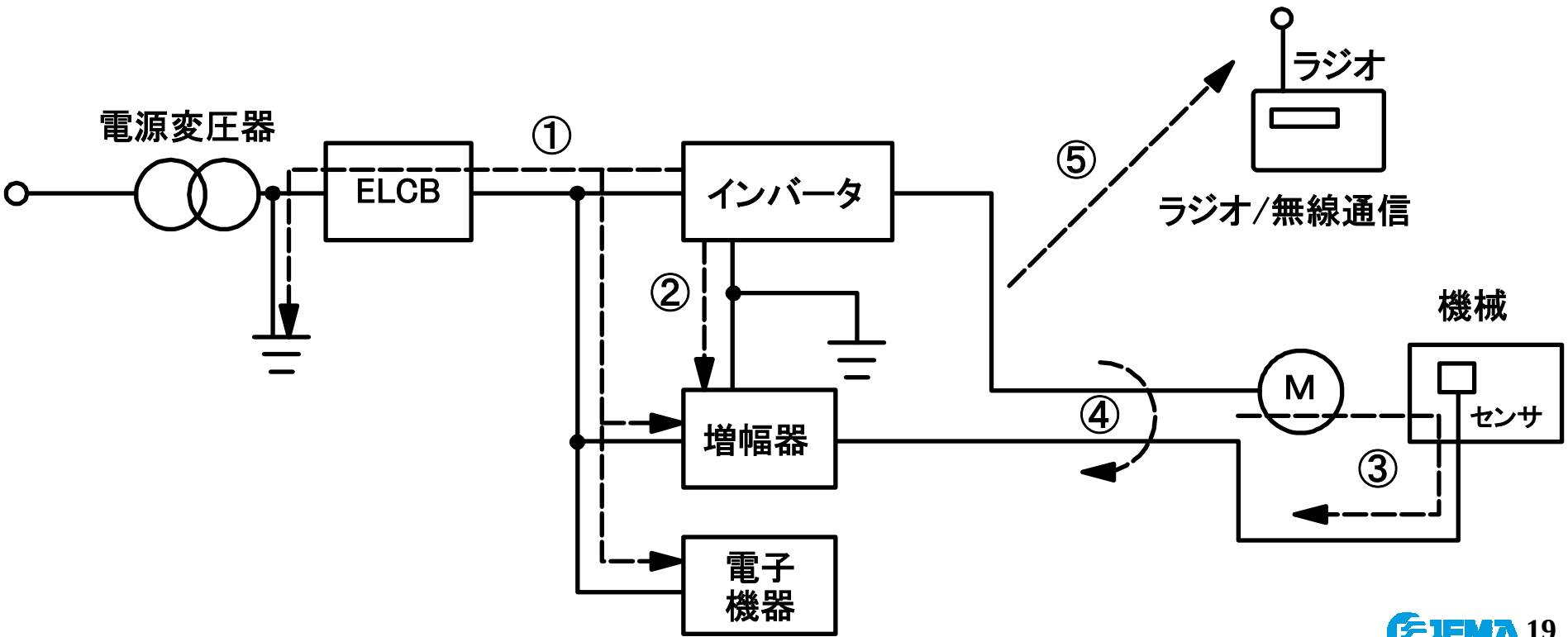


# 3. インバータの技術課題(6)

## ノイズの伝播経路(2)

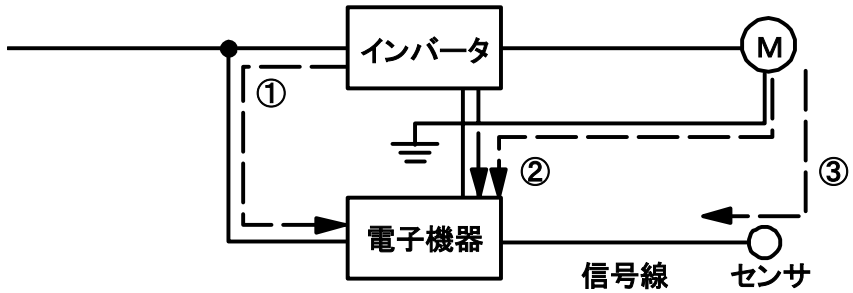
【他機器への伝播】

| | | |
|---|---|---|
| ①②③ | 伝導ノイズ | 電源ラインや接地線を通して流出するノイズ |
| ④ | 誘導(電磁,静電) | インバータ主回路配線に併設された信号線に対し、電磁誘導，静電誘導により、伝播するノイズ |
| ⑤ | 放射 | インバータやモータ本体，主回路配線がアンテナとなって空中に放射されるノイズ |

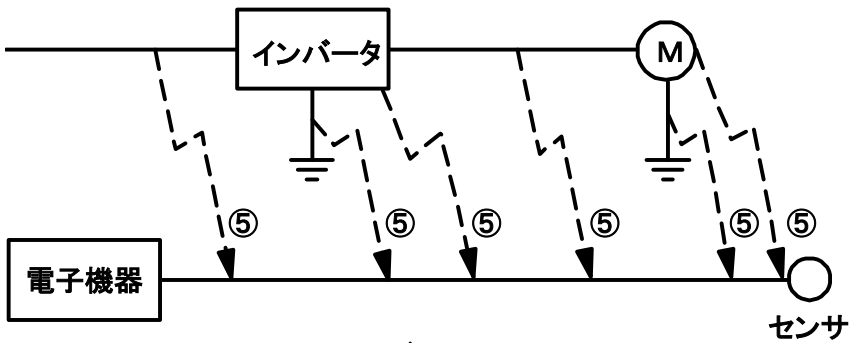


# 3. インバータの技術課題(7)

## ノイズの伝播経路(2, 1)




[(1)伝導ノイズ:主回路線や接地線を伝わる]




[(2)放射ノイズ:電波として放射]

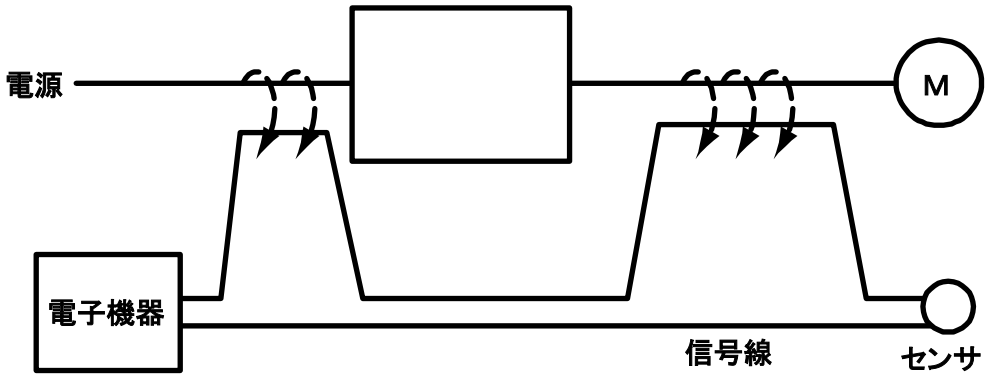
インバータ内で発生したノイズが、入力側や出力側の電線がアンテナとなって空中に放射され影響を与えるのが放射ノイズ(⑤)です。

放射ノイズは、配線に限らずモータのフレームやインバータの収納盤もアンテナとなることがあります。

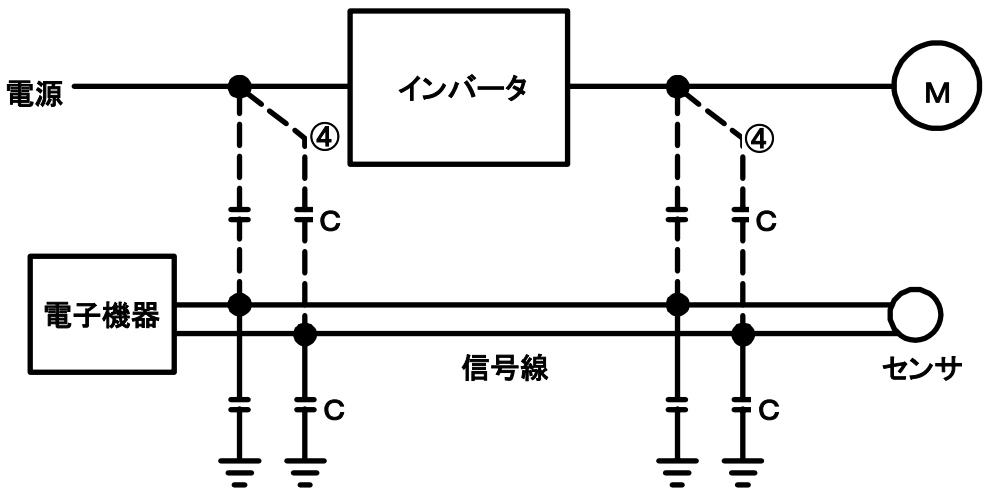
# 3. インバータの技術課題(8)

## ノイズの伝播経路(2, 2)

信号の速い伝達のため、電磁結合による信号の誤作動も生じます。




[(3)電磁誘導ノイズ]

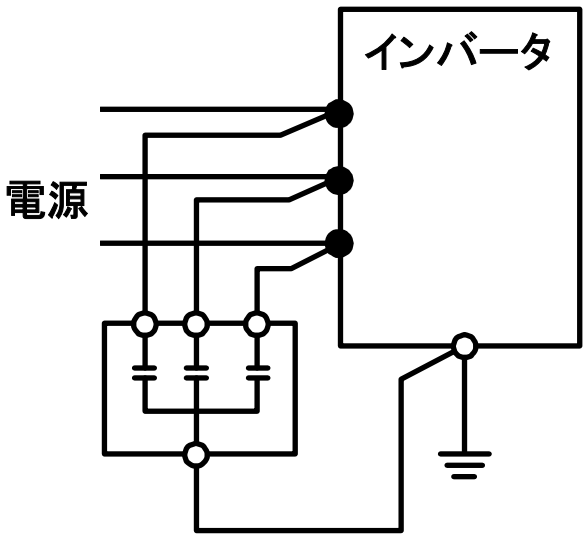



[(4)静電誘導ノイズ]

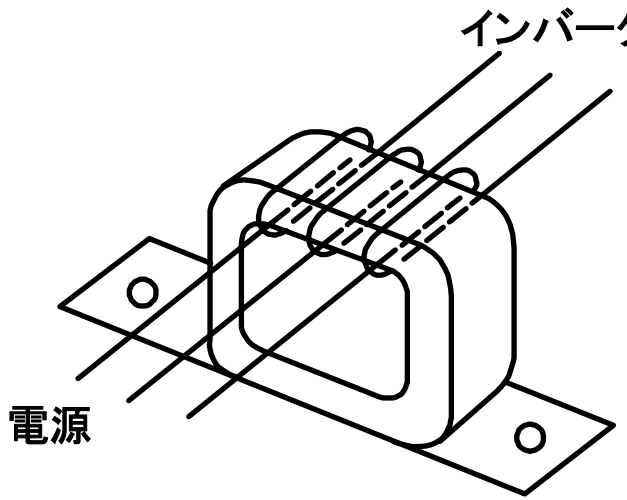
# 3. インバータの技術課題(9)

## 対策例(1)伝導性ノイズの抑制と手法

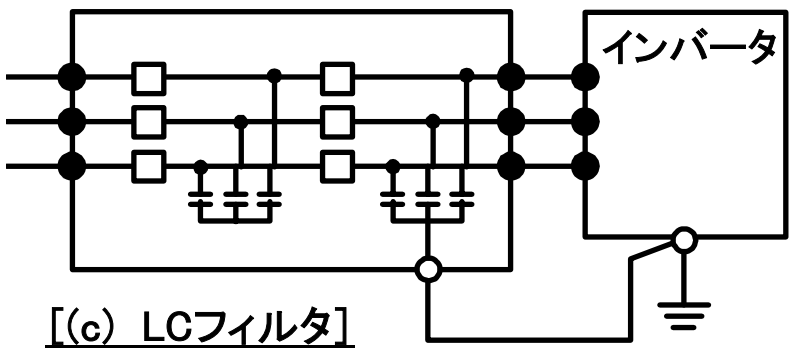
ご注意;インバータ出力側での対策は、原則として、コンデンサを内蔵しないフィルタを適用してください。




[(a) 容量性フィルタ]



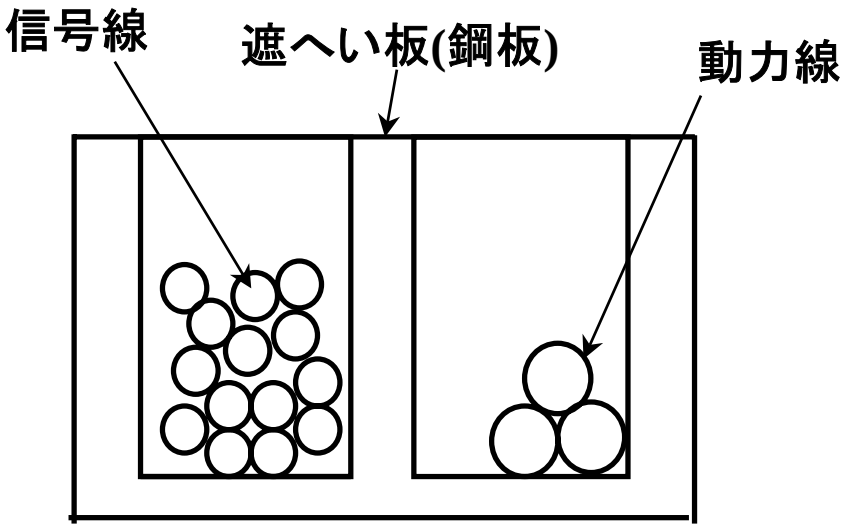

[(b) 誘導性フィルタ]
(零相リアクトル)



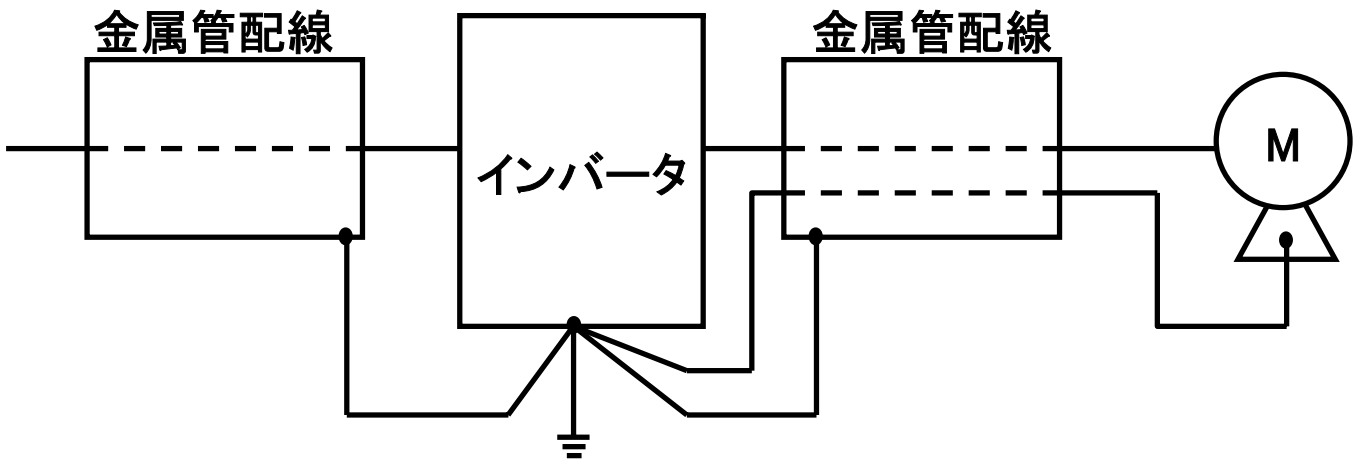

[(c) LCフィルタ]

# 3. インバータの技術課題（10）

## 対策例（2）誘導性ノイズの抑制と金属製配管による配線




［ラック,ダクトによる配線分離］

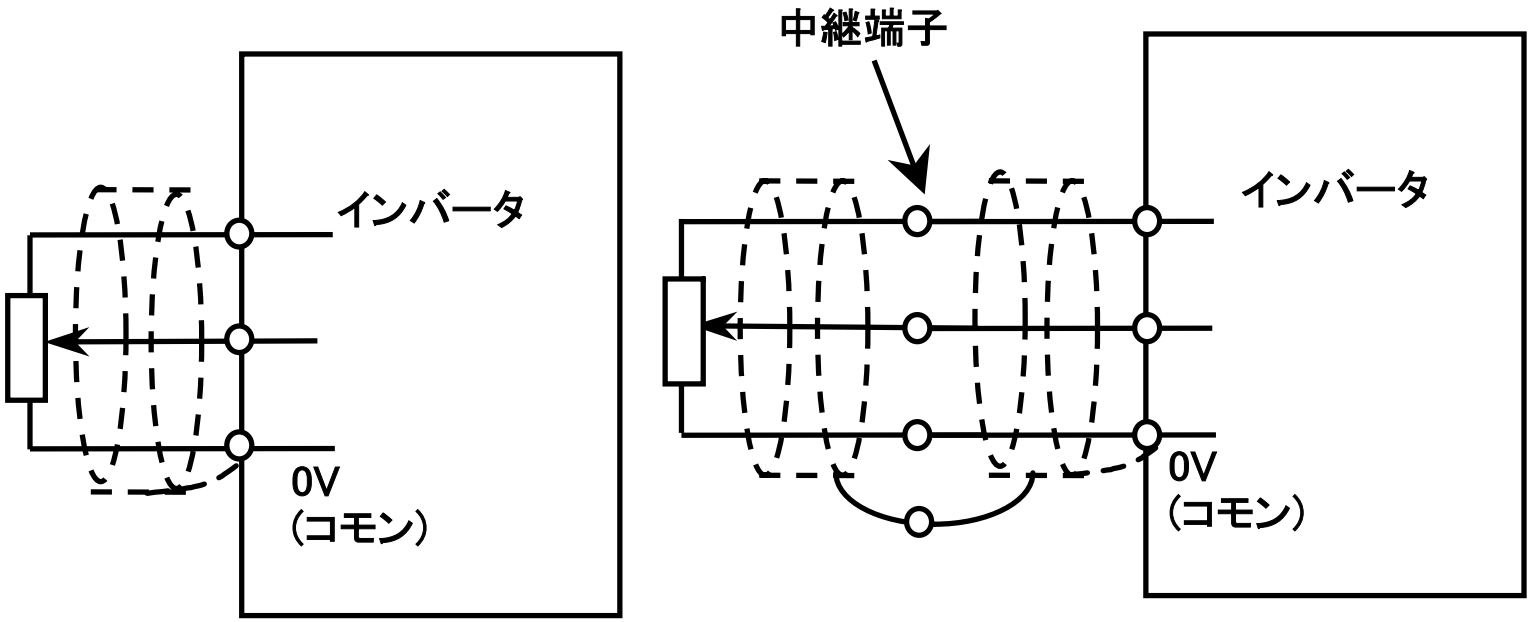



［金属製配線によるシールド］

# 3. インバータの技術課題(11)

## 対策例(3)インバータ入力でのノイズ対策

(信号入力線のシールド線のノイズ処理)




[シールド線も確実に接続する]

# 3. インバータの技術課題（12）

## ノイズトラブル対策まとめ（1）

| ノイズトラブルの防止方法 | | 対策のねらい | | | | 伝播経路 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ノイズを受け難くする | ノイズの伝達を断つ | ノイズを封じ込める | ノイズレベルを下げる | 伝導ノイズ | 誘導ノイズ | 放射ノイズ |
| 配線および設置 | 主回路，制御回路の配線分離 | ○ | | | | ○ | | |
| | 最短配線距離 | ○ | | | ○ | | ○ | ○ |
| | 並行配線，束線の回避 | ○ | | | | | ○ | |
| | 的確な接地 | ○ | | | ○ | | ○ | |
| | シールド線，ツイストシールド線の採用 | ○ | | | | | ○ | ○ |
| | 主回路シールドケーブルの採用 | | | ○ | | | | ○ |
| | 金属配線管の使用 | | | ○ | | | ○ | ○ |
| 制御盤 | 盤内機器の適性配置 | ○ | | | | | ○ | ○ |
| | 金属製制御盤 | | | ○ | | | ○ | ○ |

# 3. インバータの技術課題（13）

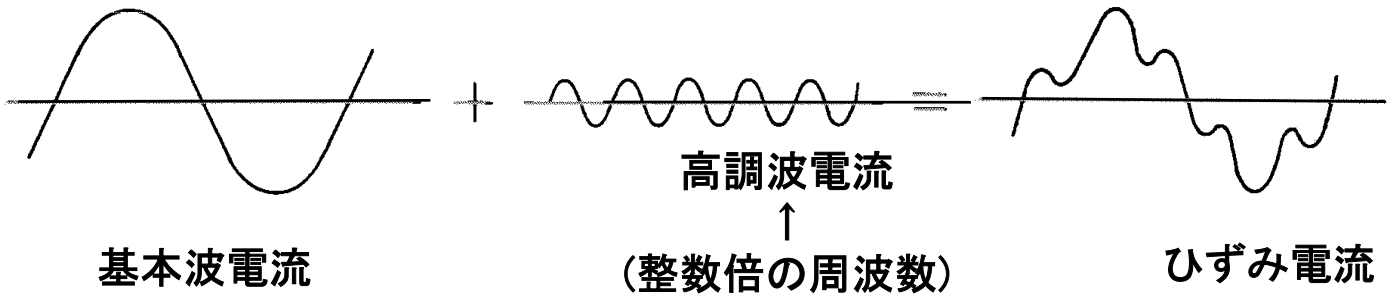
## ノイズトラブル対策まとめ（2）

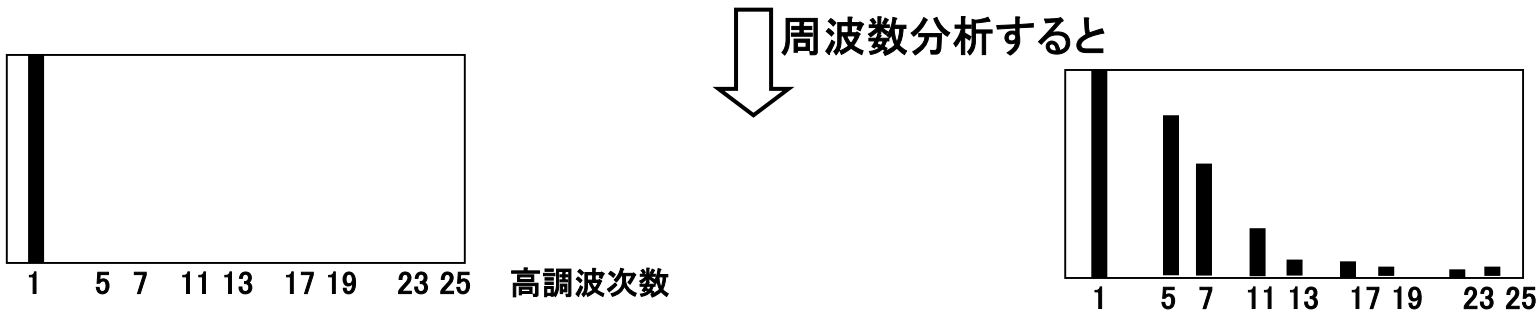
| ノイズトラブルの防止方法 | | 対策のねらい | | | | 伝播経路 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ノイズを受け難くする | ノイズの伝達を断つ | ノイズを封じ込める | ノイズレベルを下げる | 伝導ノイズ | 誘導ノイズ | 放射ノイズ |
| ノイズ対策用機器 | ラインフィルタ | ○ | | | ○ | ○ | | ○ |
| | 絶縁変圧器 | | ○ | | | ○ | | ○ |
| ノイズを受ける側の処置 | 制御回路用パスコンの採用 | ○ | | | | | ○ | ○ |
| | 制御回路用フェライトコアなどの採用 | ○ | | | | | ○ | ○ |
| | ラインフィルタ | ○ | | | | ○ | | |
| その他 | 電源系統の分離 | | ○ | | | ○ | | |
| | キャリア周波数の低減 | | | | | ○ | ○ | ○ |

# 3. インバータの技術課題(14)

## 課題2. 電源高調波

### 【基本波と高調波】




入力電流高調波の弊害

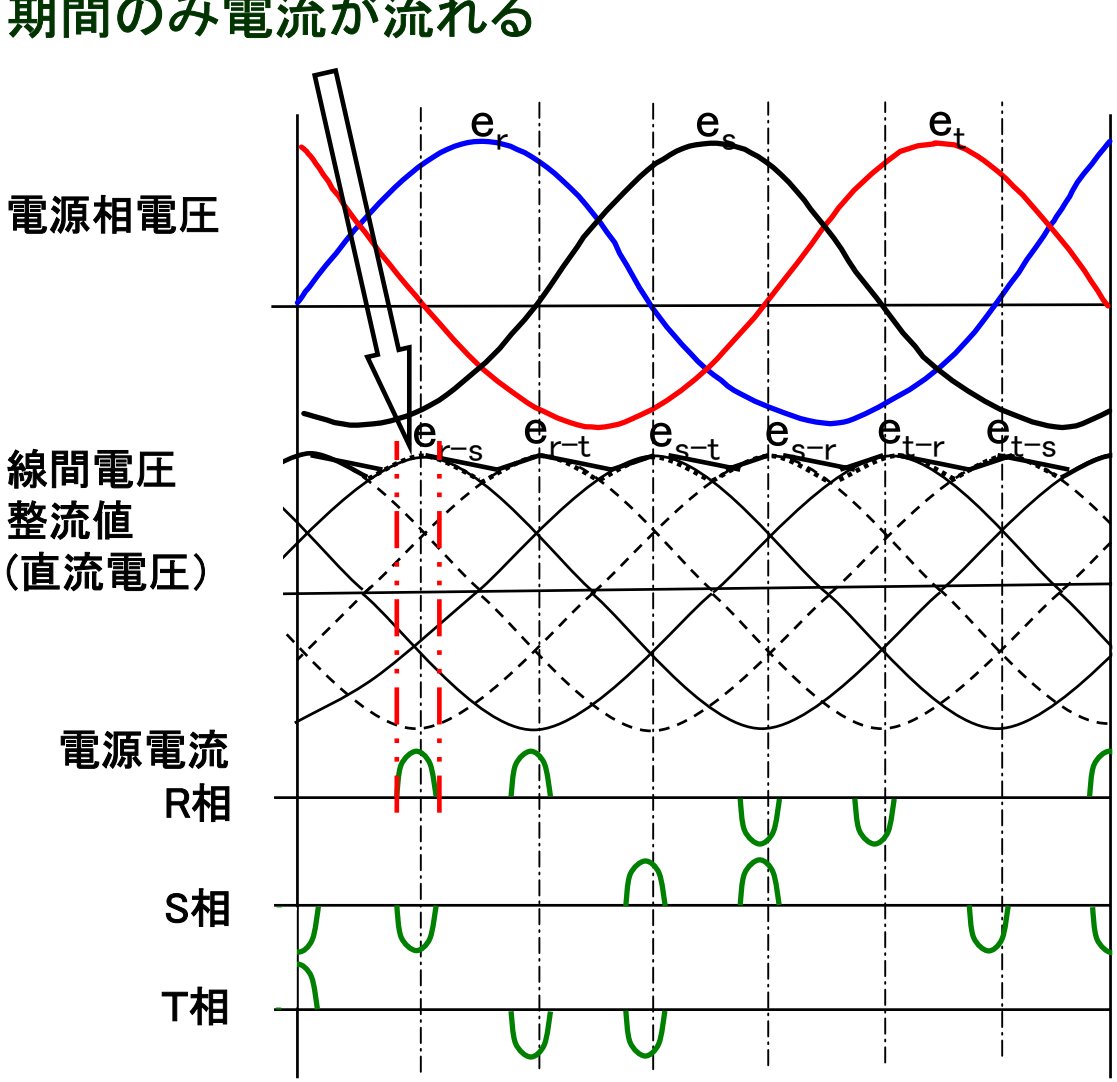
・進相コンデンサに高調波電流が流れて過熱。トランスの騒音増加など。

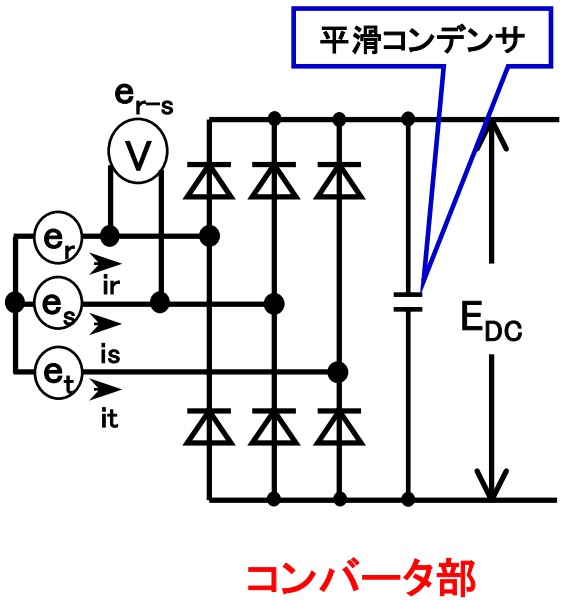
・高調波電流のため総合力率が低くなり、実際に消費される電力より皮相電力が大きいため入力電流が増加する。この結果、必要な電力設備が大きくなる。

・電灯のちらつきが発生

## 高調波電流の発生の原理

コンデンサにより整流電圧は平滑されるが、直流電圧より電源電圧が高い期間のみ電流が流れる




コンバータ部

# 3. インバータの技術課題(16)

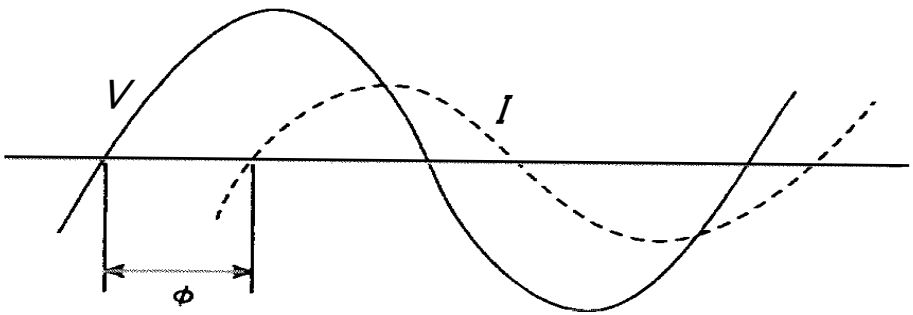
## 高調波電流を含む場合の特性値;力率、歪率

【入力電圧・電流波形】

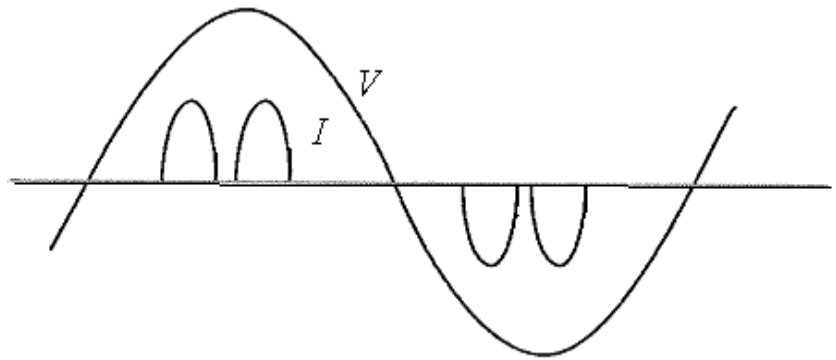
$$\text{モータの力率}\cos\phi = \frac{\text{有効電力}}{\text{皮相電力}} = \frac{\text{モータの入力電力}}{\sqrt{3}\times\text{定格電圧}\cdot\text{入力電流}}$$

$$\text{インバータの入力力率}\quad \cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}} \qquad \text{歪率}\ \mu = \sqrt{\sum I_k{}^2}$$

基本波に対する各成分　の高調波電流の比率　$I_k\,(k = 5,7,11,13,\cdots)$




[(a)　商用電源でモータを駆動した場合]

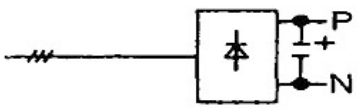
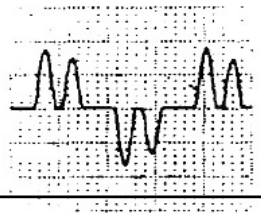
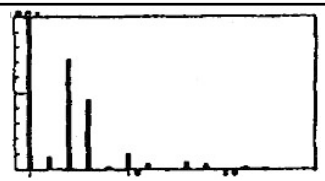
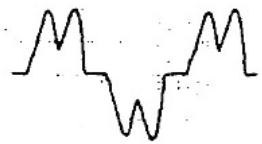
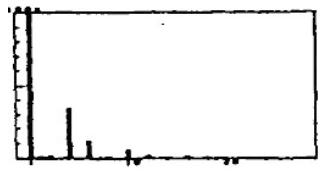
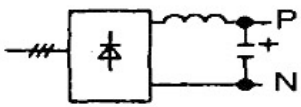
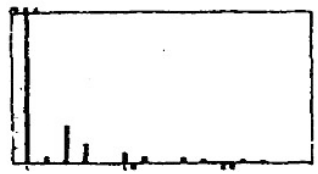
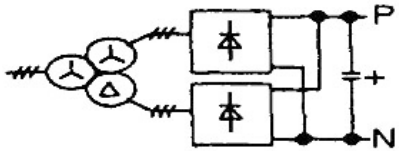
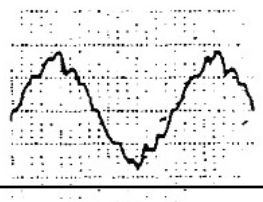
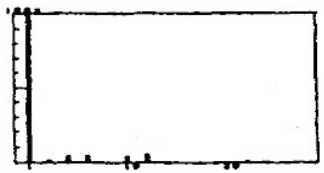
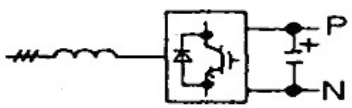



[(b)　インバータでモータを駆動した場合]

※ インバータ入力電流は、高調波を含む歪波電流であり、総合した実効電流をいう。
従って、この定義式で表した力率は、一般的な力率計で測定した値とは異なる。

# 3. インバータの技術課題（17）

## 高調波対策事例

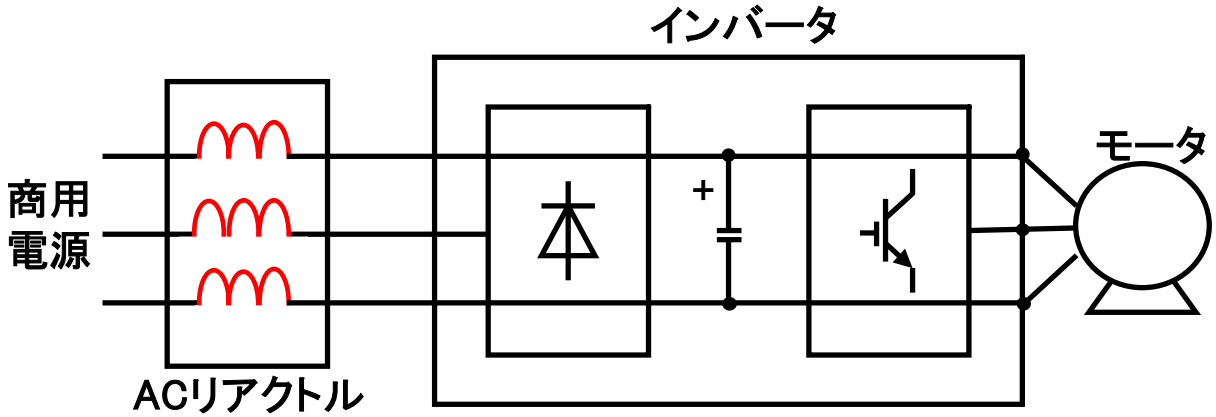
| 回路方式 | 入力電流波形 | 入力電流スペクトラム | 高調波含有率 |
|---|---|---|---|
| 未対策   |  |   | 88% |
| 交流リアクトル挿入 |  |  | 38% |
| 直流リアクトル挿入   | |  | 33% |
| 12相整流   |  |  | 12% |
| PWM制御コンバータ   | | | 3% |

←歪率

［高調波対策による入力電流波形と高調波含有率］

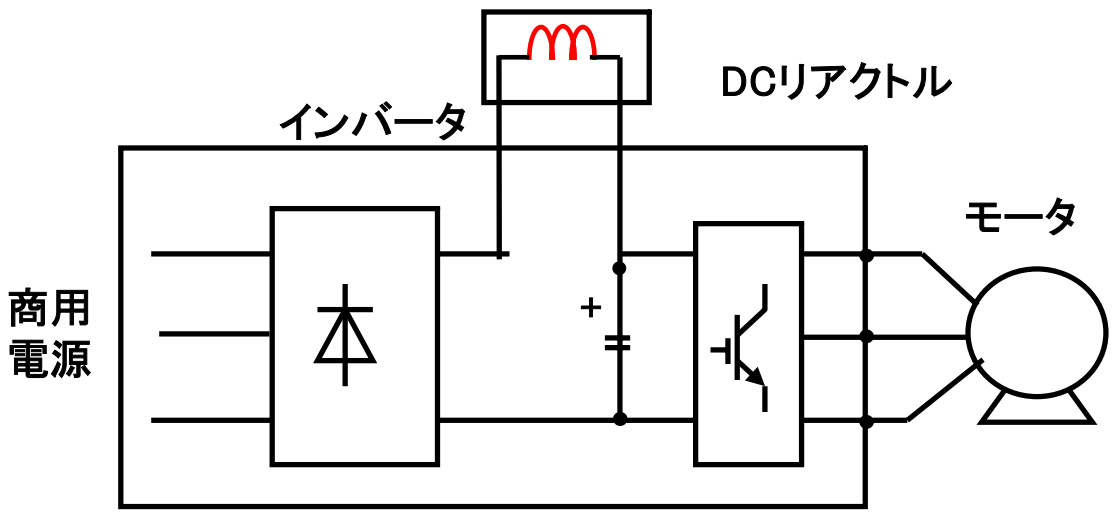
# 3. インバータの技術課題(18)

## 入力電流波形改善方策例;(高調波電流の抑制)




[(a) ACリアクトルの場合]

インバータ本体に内蔵している
機種も有ります




[(b) DCリアクトルの場合]

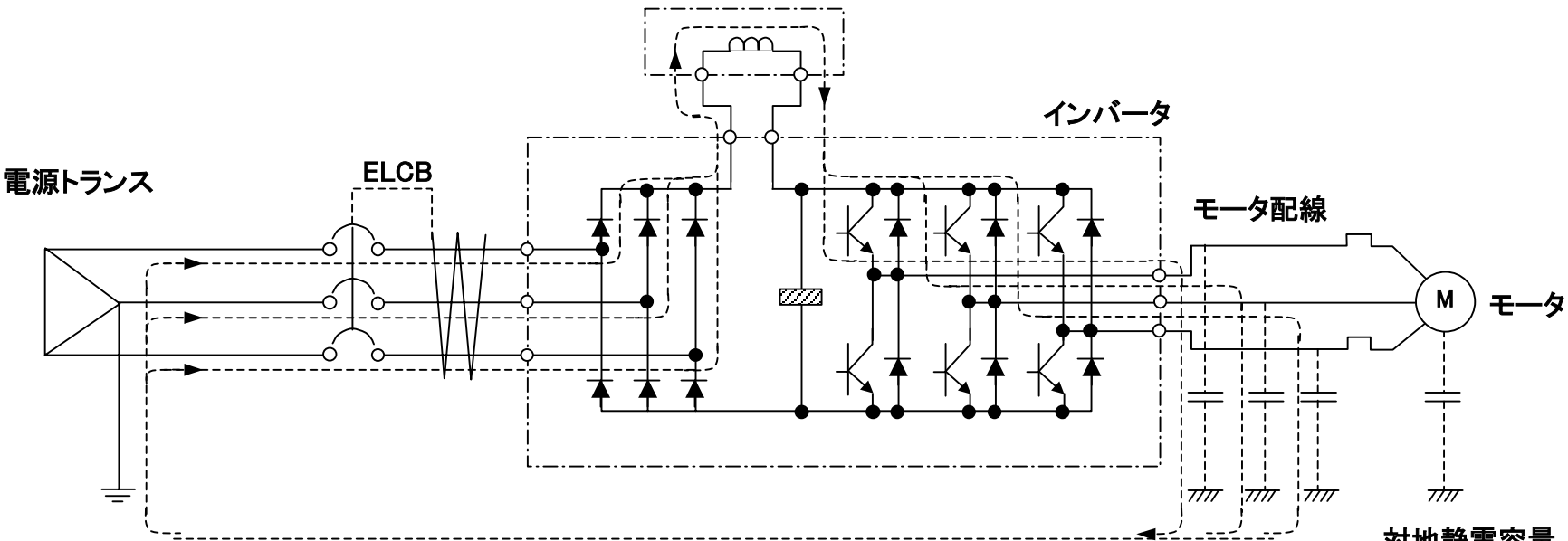
# 3. インバータの技術課題(19)

## 課題3. 高周波漏れ電流の発生と電流経路

電磁ノイズと同様、高周波の漏れ電流が浮遊容量を介して流れる。

漏電遮断器の不要動作の原因となりやすい。

対策;漏電遮断器の設定を上げるか、高周波対策済みの漏電遮断器とする。

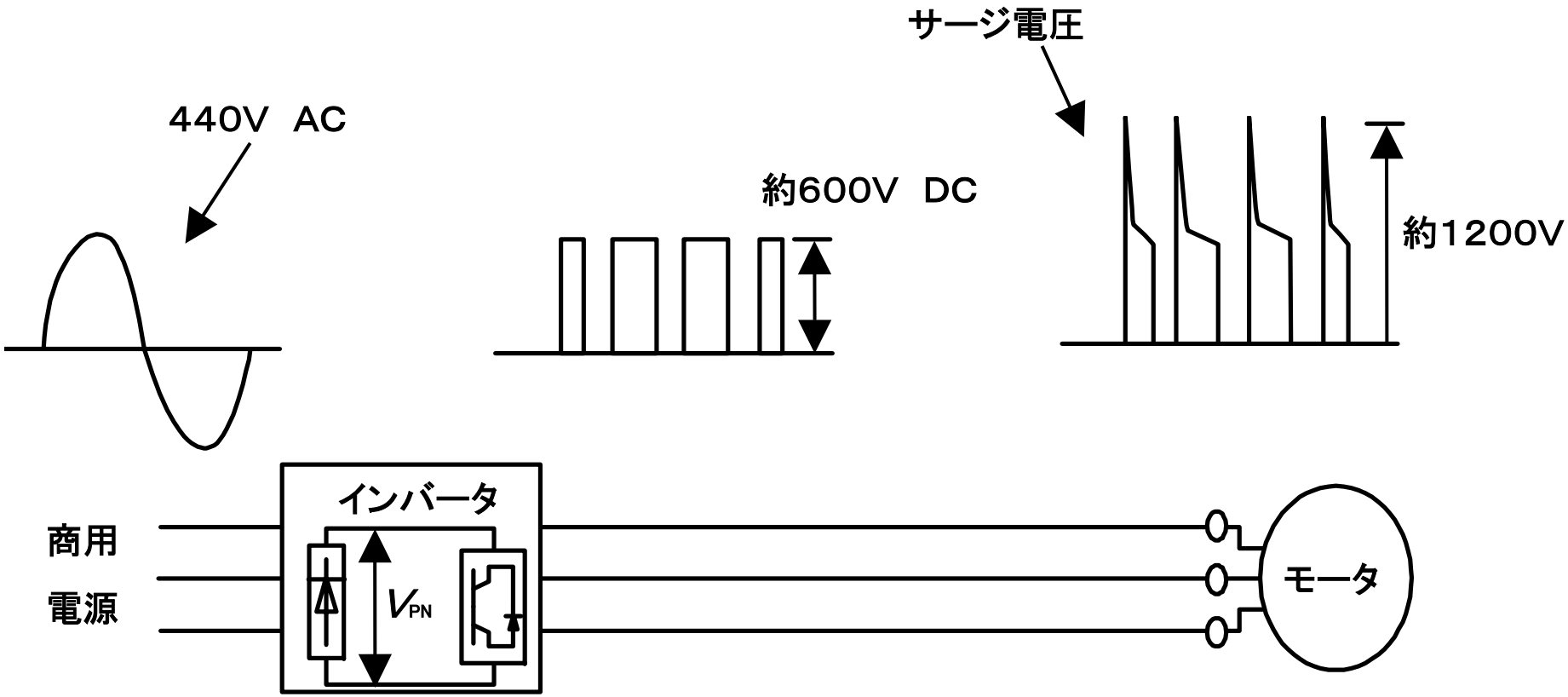



[高周波漏れ電流($I_R$)]

# 3. インバータの技術課題(20)

## 課題4. マイクロサージ電圧

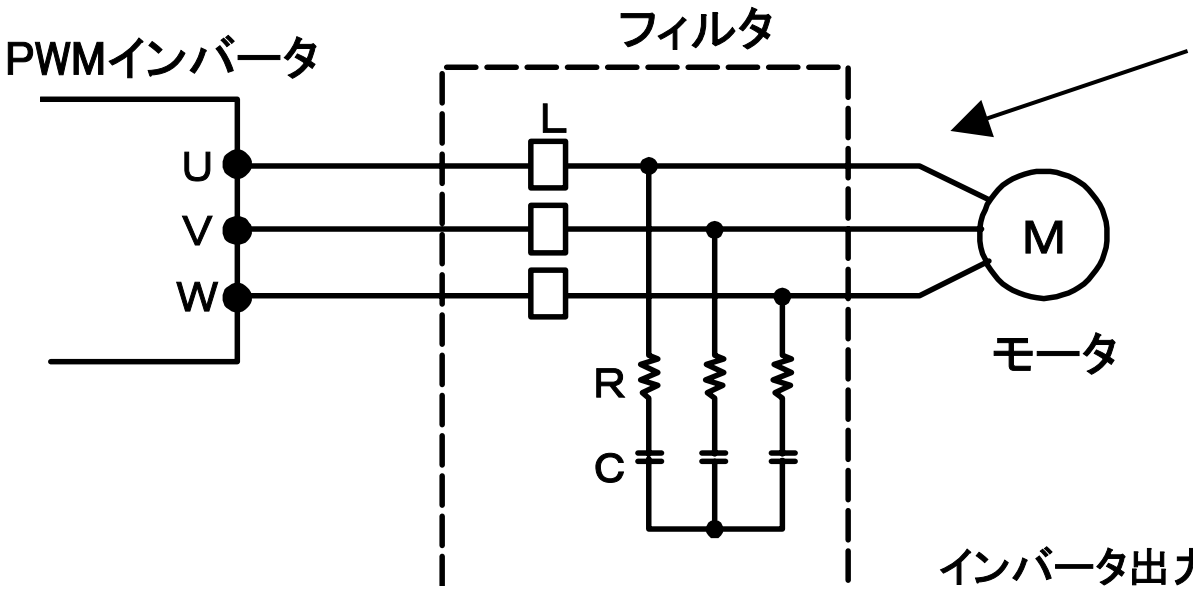
モータ配線長が長くなるとモータ端子では約2倍のサージ電圧が発生し、
モータ絶縁を損傷することがある。



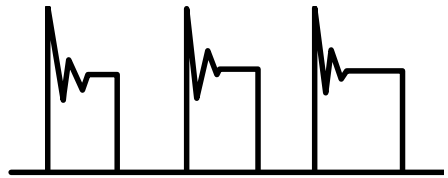

[各部の電圧波形]

# 3. インバータの技術課題(21)

## フィルタによるモータへのサージ電圧抑制




モータ端子電圧
(フィルタなしの場合)



フィルタがない場合、出力電圧の立ち上がり部にサージ電圧が発生することがあり、モータの絶縁劣化の恐れがあります。

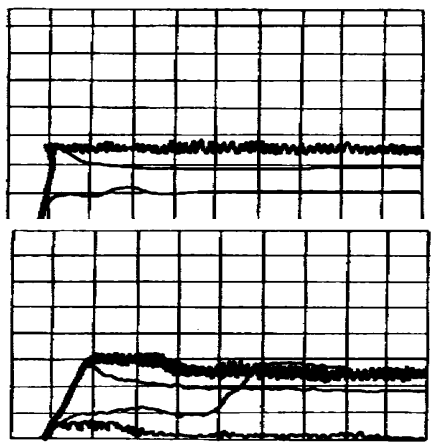
・波形観測結果

(5μs/div, 250V/div)

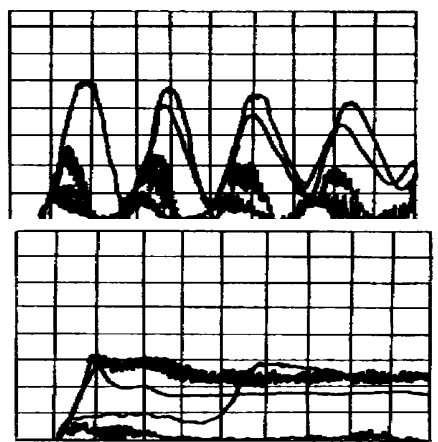
フィルタ回路なし →

フィルタ回路あり →

インバータ出力



モータ入力



# 3. インバータの技術課題(22)

## サージ電圧のその他の対策例

<table>
<tr><th rowspan="2">発生</th><th colspan="2">サージ電圧の対処</th><th colspan="2">具体的な対策</th></tr>
<tr><th>ピーク値</th><th>dv/dt</th><th>ピーク値</th><th>dv/dt</th></tr>
<tr><td>インバータ側</td><td>抑制</td><td>抑制</td><td>・サージアブソーバ<br>(コンデンサ)<br>・過電圧クリッパ<br>・3レベル制御</td><td>・スナバ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">モータ側</td><td rowspan="2">耐電圧強化</td><td rowspan="2">耐峻度強化</td><td>・相間絶縁強化<br>・対地間絶縁強化</td><td>・コイル間絶縁強化<br>・コイル間電圧分担の<br>平均化<br>・サージアブソーバ</td></tr>
<tr><td colspan="2">・インバータ駆動専用モータ(推奨)<br>・絶縁強化(使用10年以上)<br>・コイル巻き替え(使用20年以上)</td></tr>
<tr><td>その他</td><td>上昇させない</td><td>抑制</td><td>・直列リアクトル<br>・サージ抑制線<br>・サージ抑制ユニット</td><td>・フィルタ</td></tr>
</table>

# 目次

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータ制御の原理
3. インバータの技術課題
4. 実装設計における検討事項
5. 周辺機器について
6. 定期点検・メンテナンスのお願い

# 4. 実装設計における検討事項(1)

## インバータの耐環境標準仕様(例)

| 項　　目 | 内　　容 |
|---|---|
| 周囲温度 | －10～＋50℃(凍結のないこと) |
| 周囲湿度 | 90%RH以下　(結露のないこと) |
| 雰 囲 気 | 腐食性、爆発性ガスのないこと<br>塵埃のないこと |
| 標　　高 | 1000m以下 |
| 振　　動 | 5．9m／s$^2$　{0．6G}以下(JIS　C0040準拠) |

# 4. 実装設計における検討事項(2)

## 設置環境に関する注意事項と対策(1)

### 【温度対策】

1. 高温対策

平滑用電解コンデンサは、周囲温度が10℃高くなると寿命が1／2　となるため、周囲温度を低くして使用すると、寿命を長くできる。

- ●空調してある電気室に配電盤を設置し、強制換気方式などの冷却方式を採用する。
- ●直射日光や、熱源の輻射熱、温風が直接当たらないように遮蔽板などを設ける。
- ●配電盤周辺の通気を良くする。

2. 低温対策

配電盤内にスペースヒータを設けるか、インバータに通電したままにする。

3. 急激な温度変化のない場所を選んで設置する。

### 【湿度対策】

1. 高湿度対策

湿度が高すぎると結露しやすくなり、絶縁の低下および金属部の腐食が発生する。

⇒配電盤内にスペースヒーターを設けるか、配電盤を密閉構造とし、吸湿剤を入れる。

2. 低湿度対策

湿度が低すぎると静電気破壊が生じることがあるため、適度な湿度の空気を取り込む。

# 4. 実装設計における検討事項(3)

## 設置環境に関する注意事項と対策(2)

### 【雰囲気】

1. 塵埃、オイルミスト、腐食性ガス対策

2. 爆発性、可燃性ガス
   耐圧防爆形モータ駆動用インバータは、インバータ自体は非防爆構造
   ➡ 必ず防爆構造の配電盤に収納するか、非防爆エリアに設置する。

### 【高　地】

インバータは標高1000m以下で使用する。
空気の希薄による冷却効果の低下、気圧の低下による絶縁耐力の劣化が生じやすくなる。

### 【振動、衝撃】

振動が長時間加わると、機構部の緩み、コネクタの接触不良などが発生する。
繰り返し衝撃が加わる場合は部品取付足の折損事故などが起きやすくなる。

対策 : a. 配電盤内に防振ゴムを設ける。
b. 配電盤が共振しないよう構造を強化する。
c. 振動源から配電盤を離して設置する。

# 4. 実装設計における検討事項(4)

## 発生熱量と配電盤の冷却

### 【配電盤の冷却方式】

インバータを収納する配電盤は、インバータの発熱、インバータ以外の機器(トランス、抵抗器、その他)の発熱、直射日光のような外部から入ってくる熱などを効率よく放熱させて、その盤内温度をインバータ、及び他の盤内機器の許容温度以下に保つ必要がある。

配電盤の冷却方式を大別すると以下のように分類される。

(1) 配電盤面からの自然放熱による冷却(全閉鎖型)
(2) 放熱フィンによる冷却(アルミフィンなど)
(3) 換気による冷却(強制通風形、管通風形など)
(4) 熱交換器冷却器などによる冷却(ヒートポンプ、クーラーなど)

### 【冷却の計算方法】

①盤内発生損失及び直射日光による熱量を求める。

・盤内発生損失は配電盤内に収納されている各機器の発熱量を合計することで求める。
・各機器の発熱量は各メーカのカタログ・技術資料等で確認可能。

②冷却方式として上記(1)～(4)のいずれによるかを定めて計算を進める。

# 4. 実装設計における検討事項(5)

## 発生熱量と配電盤の冷却

### 【配電盤の冷却計算例(全閉鎖盤の例)】

＜計算方法＞

$W_1 = h \cdot A \cdot \Delta t$　・・・　(1)

$W_1$:1秒当りの放熱エネルギー〔W〕　　A:有効放熱面積〔$m^2$〕

$\Delta t$:配電盤内外の温度差〔℃〕　　h:熱伝導率〔$W/m^2 \cdot ℃$〕

※熱伝導率hは鉄製の箱の場合、5～6となる

＜計算例＞

条件

・総発生損失:440W

・配電盤内外温度差・・・10℃

配電盤内許容最高温度50℃、周囲温度40℃とする(50－40 = 10℃)

必要放熱面積の算出

(1)式より、$A = W_1/(h \cdot \Delta t)$なので、h = 6と仮定すると、

$A = 440/(6 \times 10) = 7.33〔m^2〕$

よって、底面積を除いて表面積7.33$m^2$以上となるサイズの配電盤が必要

状況に応じて換気方法の考慮が必要

# 4. 実装設計における検討事項(6)

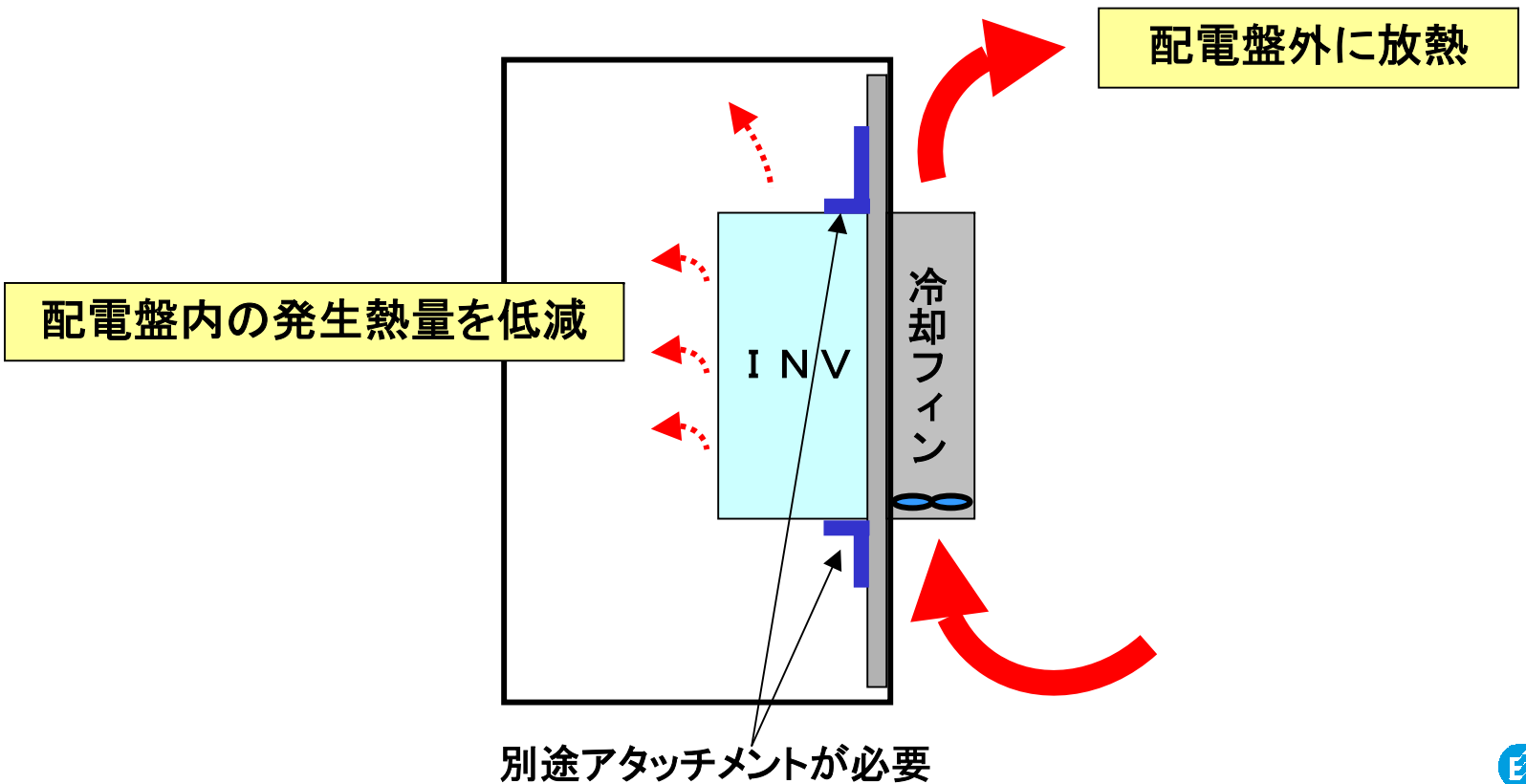
## 発生熱量と配電盤の冷却

### 【密閉仕様への対応】

インバータの冷却フィンを配電盤外へ出すことで、配電盤内の発生熱量を低減可能

↓

**コンパクトな密閉盤の設計に有利**



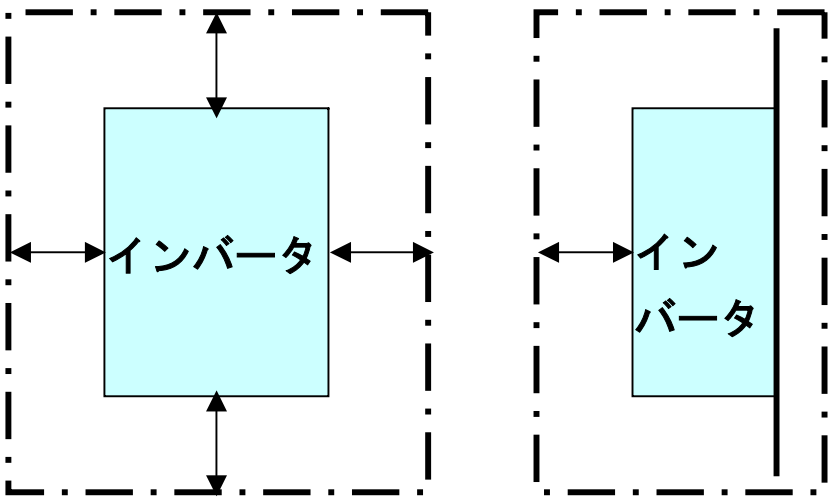
# 4. 実装設計における検討事項(7)

## 配電盤への取付上の留意点

### 【インバータの周囲スペース】

インバータの周囲は放熱、保守のため、他の機器または配電盤の壁面と離す。
下部は配線スペース、上部は放熱用スペースが必要。

※必要なスペースはメーカ、機種により異なるため各機器の取扱説明書等を参照する。




### 【インバータの取付方向】

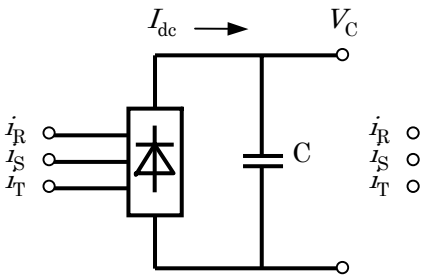
インバータは垂直壁面に正規に取付ける。
水平、横向き、その他の取付は不可。
インバータ内部の熱が十分に放出できず、過熱、寿命低下などの恐れ。

# 4. 実装設計における検討事項(8)

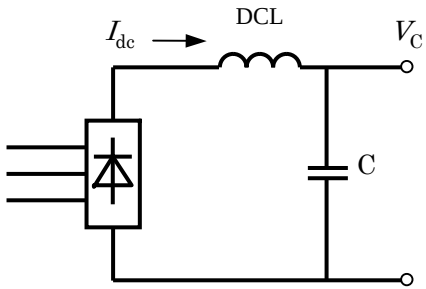
## 入力電流のピーク値の抑制

**交流もしくは直流リアクトルを接続することで、インバータへの入力電流のピーク値を抑制できる。**

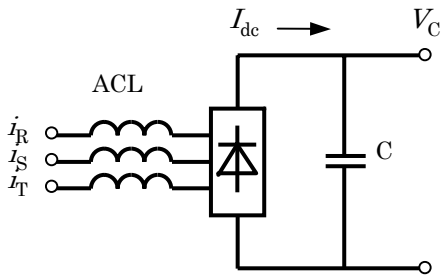
インバータの入力相電流は，パルス状のひずみ波電流となる。この電流は、電源インピーダンスが小さいほど、つまり電源設備容量が大きいほどピーク値の高い急峻な電流となる。この電流によりインバータの寿命を縮めたり、場合によってはインバータが破損する場合がある。交流もしくは直流リアクトルをインバータへ接続することで、急峻な電流を抑制し、結果入力力率の改善にもなる。



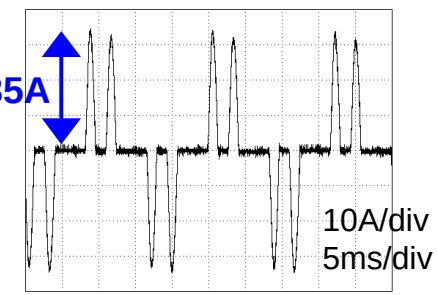

［a）コンデンサ インプット回路］

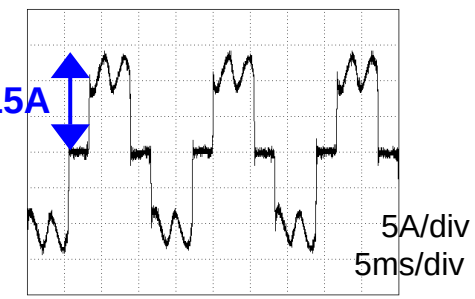


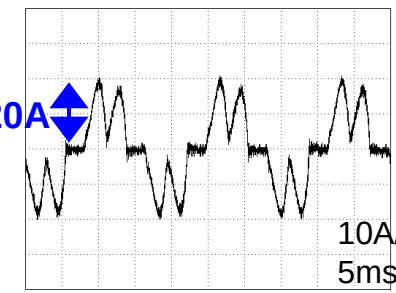

［b）直流リアクトルを接続した場合］




［c）交流リアクトルを接続した場合］




［入力相電流($i_R$)波形］

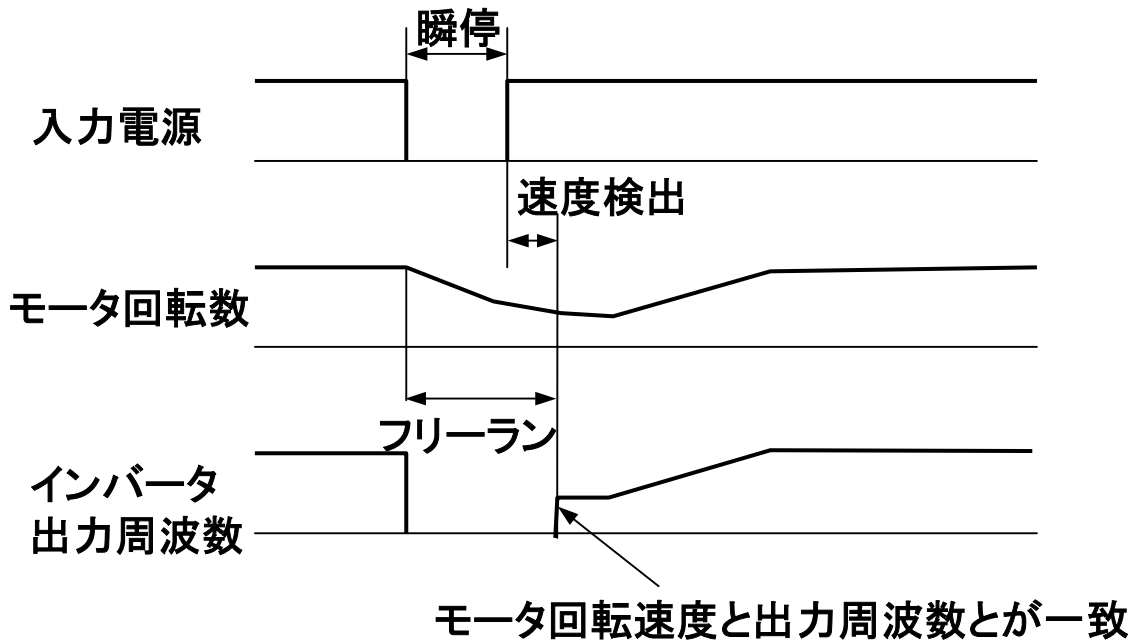
# 4. 実装設計における検討事項(9)

## 瞬時停電対策

**インバータには瞬時停電対策として、復電時にモータの回転数を推定し、ショックなくその回転数よりスムーズに継続運転させる瞬停再始動機能がある。**

一般にインバータは、シーケンスリレーなど周辺機器との協調を取るため、10～15ms程度の瞬時停電までは、運転継続をすることが可能である。
それ以上の停電に対しては、運転継続不能となりモータはフリーラン状態となる。
その後、復電しインバータを運転するとモータの停止有無に関わらず0Hzより始動し、ファンなど大きなイナーシャを持つ機器は、モータの回転が合わずインバータがトリップする場合がある。

上記を避けるために、右図に示す瞬停再始動機能をインバータが有している。
　通常は，機能が無効に設定されているので，必要に応じ有効にすることで使用できる。




［インバータ瞬停再始動機能］

# 4. 実装設計における検討事項(10)

## 電源に関する注意(その1)

### ①電源電圧の許容変動範囲

メーカの推奨範囲内で使用できる。ただし，許容変動範囲内であっても，上下限近傍で使用し続けた場合，所定の性能が満たされなかったり，寿命が短くなる可能性がある。

### ②入力電圧波形ひずみ

大容量のサイリスタ電力変換装置などが接続されている電源系統の電圧は，著しい波形ひずみを生じることがある。このようなひずみの大きい電源にインバータを接続すると，大きな高調波電流が流れ，インバータを損傷することがあるので注意を要する。
この場合，交流リアクトルによって影響を軽減することができる。

### ③高調波の電源機器への影響

電源系統に力率改善用のコンデンサが接続されている場合，インバータから発生する高調波電流が　共振により異常に増大する場合がある。
一般に，コンデンサの設置容量が電源短絡容量の1/400程度以下のときは問題ないと考えられるが，電力用コンデンサがある場合は，必要に応じて次のような対策を行うとよい。

1)コンデンサへの直列リアクトルの付加による定数の変更。
2)高調波流入量が多い場合には直列リアクトルのリアクタンスを増加。
3)投入コンデンサ容量の調整。
4)設備の設置位置の変更。

# 4. 実装設計における検討事項(11)

## 電源に関する注意(その2)

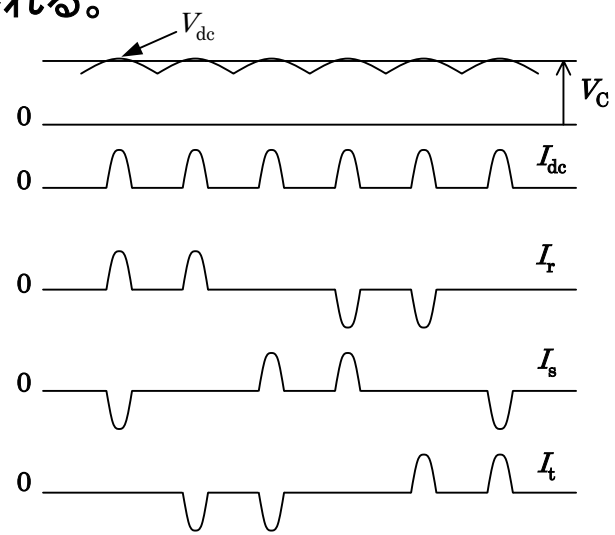
### ④入力電流の不平衡対策

インバータ出力電圧が低い範囲及び軽負荷のときは入力電流が少ないので、電流が不平衡になりやすい。

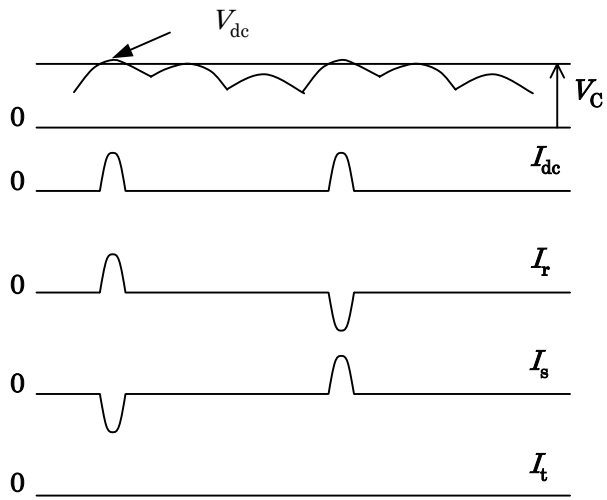
下図は、平衡時及び不平衡時の各部波形を示している。三相全波出力電圧 Vdcとコンデンサ電圧 VCとの差電圧によって，コンデンサ充電電流が電源から流入する。

三相交流電源が完全に平衡している場合は，a)に示すような電流が流れるので，三相平衡した電流となる。b)に示すように，三相不平衡電圧の場合は，コンデンサ電圧がほぼ一定であるので，電圧の高い相にだけ電流が流れ，電圧の低い相には全く電流が流れないこともある。

一般には，入力電流が増加すると，電流は平衡してくる。電源インピーダンスが低く電流不平衡が解消されない場合は，交流電源側にリアクトルを挿入するか，又は直流側にリアクトルを挿入すると改善される。




[a) 三相交流電源が平衡している場合]




[b) 一相が不平衡している場合]

# 4. 実装設計における検討事項(12)

## 国土交通省 公共建築工事標準仕様書への適合

＜標準仕様書によるインバータへの要求事項＞

(1) 制御方式は正弦波パルス幅変調方式とする

(2) 瞬時停電に対して、自動回復運転機能を有するものとする

(3) 負荷の特性に合わせて加減速時間を調整できるものとする

(4) 保護機能は、ストール防止機能を有するほか、次による

(イ) 過負荷(過電流)、単相(欠相)、過電圧などの異常が発生した場合は、モータを停止する

(ロ) 負荷で短絡が発生した場合の自己保護機能を有するものとする

(5) 入力の力率は、基本波の力率を1とした場合に、0.94以上とする

(6) 高周波ノイズ対策用として、入力側に零相リアクトルを設ける

＜仕様書への対応＞

(1)～(4)はインバータの標準機能にて対応可能

(5) メーカの推奨するDCリアクトル、またはそれ相当の機器の使用が必要

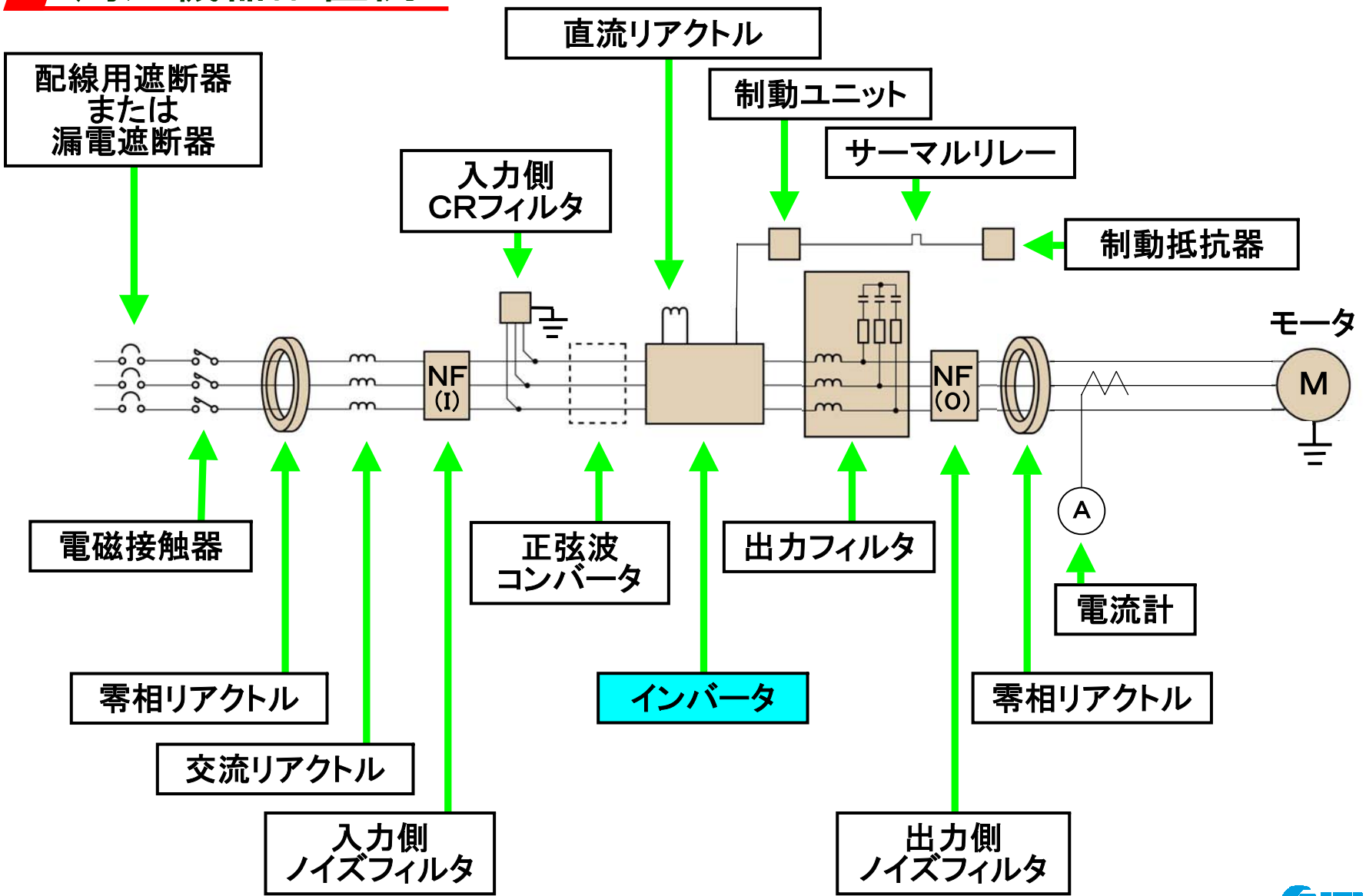
(6) メーカ、機種により零相リアクトル内蔵品あり。内蔵していない場合はオプションにて構成する

# 目次

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータ制御の原理
3. インバータの技術課題
4. 実装設計における検討事項
5. 周辺機器について
6. 定期点検・メンテナンスのお願い

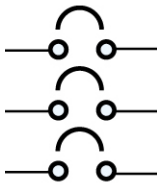
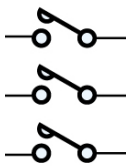
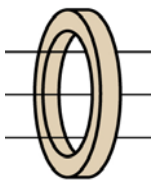
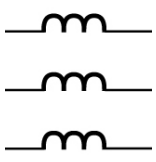
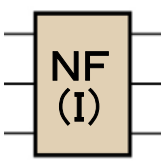
# 5. 周辺機器について(1)

## 周辺機器配置例



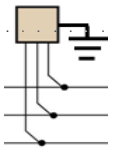
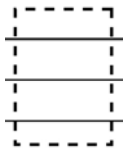
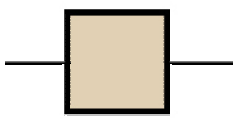
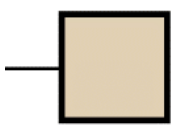
# 5. 周辺機器について(2)

## 周辺機器(1)

| シンボル | 品名 | 機能説明 |
|---|---|---|
|  | 配線用遮断器<br>または<br>漏電遮断器 | インバータ及び周辺機器の配線保護を行なうため，インバータの電源側に必ず設置してください。<br>漏電遮断器は高周波の漏洩電流で不要動作の発生しにくい高周波対策品を使用してください。 |
|  | 電磁接触器 | 運転のインターロックのために設置してください。<br>制動ユニットを使用する場合には，制動抵抗器保護のために電磁接触器を切るか，トリップコイル付きの配線用遮断器をトリップさせてください。 |
|  | 零相リアクトル<br>(誘導性フィルタ) | インバータから発生するノイズを低減させます。<br>約1M～10MHzの周波数帯で効果があります。<br>入力にも出力にも使用できます。 |
|  | 交流リアクトル | 入力力率の改善、高調波低減に効果があります。また，電源容量がインバータ容量の10倍を超えるような場合には，電源協調のために直流リアクトルまたは交流リアクトルを設置してください。 |
|  | 入力側<br>ノイズフィルタ | インバータの入力側電源配線を伝播するノイズ及び電源配線から空中伝播するノイズを低減する効果があります。<br>約100K～100MHzの広い周波数帯で効果があります。<br>入力側専用です。 |

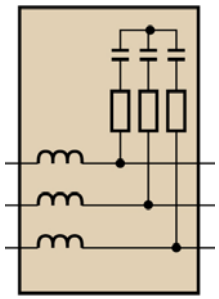
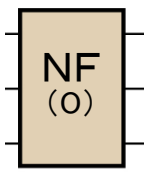
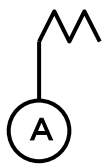
# 5. 周辺機器について(3)

## 周辺機器(2)

| シンボル | 品名 | 機能説明 |
|---|---|---|
|  | 入力側<br>CRフィルタ | インバータから発生するノイズを低減させます。<br>AMラジオ周波数帯で効果があります。<br>入力側専用です。 |
|  | 正弦波<br>コンバータ | 電源高調波を低減し，力率もほぼ1にします。<br>電源回生機能を装備していますので，更なる省エネにも役立ちます。 |
| | 直流リアクトル | 入力力率の改善、高調波低減に効果があります。また，電源容量がインバータ容量の10倍を超えるような場合には，電源協調のために交流リアクトルまたは直流リアクトルを設置してください |
|  | 制動ユニット | モータを発電制動するときに使用する制動回路ユニットで，制動抵抗器と組み合わせて使用します。<br>制動ユニットをインバータに内蔵している機種もあります。 |
| | サーマルリレー | 制動抵抗器を過熱から保護する場合に使用します。 |
|  | 制動抵抗器 | インバータの制動能力を高めて、急減速や急停止が必要な場合に使用します。制動ユニットと組み合わせて使用します。 |

# 5. 周辺機器について(4)

## 周辺機器(3)

| シンボル | 品名 | 機能説明 |
|---|---|---|
|  | 出力フィルタ<br>(サージアブソーバ) | 400V級インバータでモータを駆動する場合のサージ電圧による絶縁の損傷を抑制するために使用します。<br>既設のモータを新に400V級インバータで駆動する場合や配線長が長い(20m超)場合に，インバータの出力側に設置し，モータの端子電圧の波高値を抑制します。 |
|  | 出力側<br>ノイズフィルタ | インバータの出力側負荷配線を伝播するノイズ及び負荷配線から空中伝播するノイズを低減する効果があります。<br>出力側専用です。 |
|  | 電流計 | インバータの電流表示機能の使用を推奨します。<br>インバータの電流を直接測定する場合には，可動鉄片形電流計を用いてください。なお，変流器(CT)を介して測定する場合，低周波数領域において変流器が飽和することがありますので，変流器の容量選定に注意してください。(5Hzでは40VA程度を推奨) |

# 目次

1. インバータを取り巻く環境
2. インバータ制御の原理
3. インバータの技術課題
4. 実装設計における検討事項
5. 周辺機器について
6. 定期点検・メンテナンスのお願い

# 6. 定期点検・メンテナンスのお願い（1）

## 定期点検リスト

JEMA発行　汎用インバータ定期点検のおすすめより抜粋

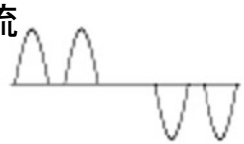
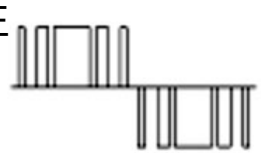
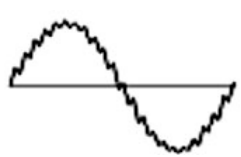
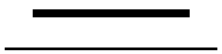
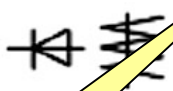
| 点検箇所 | 点検項目 | 点検事項 | 点検周期 | | 異常発生時の処置方法 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 日常 | 定期 | |
| 全般 | 周囲環境 | 周囲温度、湿度、塵埃、有害ガス、<br>オイルミストなどを確認 | ○ | | 環境の改善 |
| 制御回路<br>保護回路 | 動作チェック | インバータ単体運転にて、<br>各相間出力電圧はバランスしているか | | ○ | メーカに連絡 |
| 冷却系統 | 冷却ファン | （1）異常振動、異常音はないか<br>（2）汚れはないか | ○ | <br>○ | ファンの交換<br>清掃 |
| | 冷却フィン<br>エアフィルタ | （1）目詰まりしていないか<br>（2）汚れはないか | | ○<br>○ | 清掃<br>清掃 |

◆点検は専門知識をもった方が行ってください。
専門知識のない方が行いますと、感電、火災、けがなど事故の原因となります。

◆安全に点検を行うためにインバータに添付されている取扱説明書の指示に従ってください。

# 6. 定期点検・メンテナンスのお願い（2）

## 主回路電気量の測定

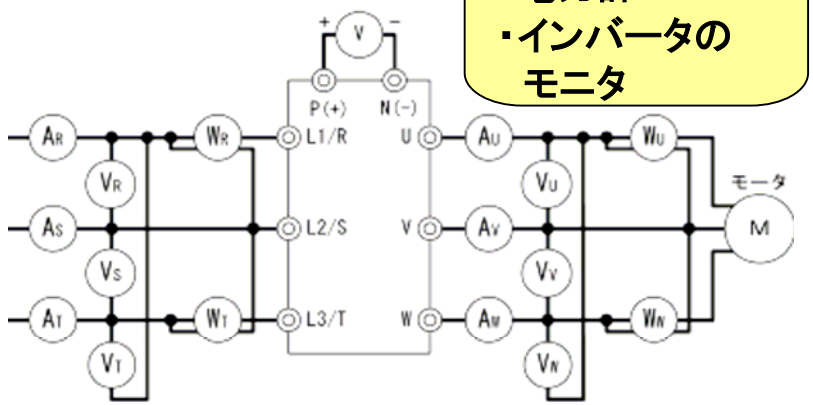
| 項目 | 入力側（1次側） | | | 出力側（2次側） | | | 直流中間回路電圧（P(+)－N(−)間） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 波形 | 電圧 電流  | | | 電圧  電流  | | |  |
| 計器名称 | 電流計 $A_R$，$A_S$，$A_T$ | 電圧計 $V_R$，$V_S$，$V_T$ | 電力計 $W_R$，$W_T$ | 電流計 $A_U$，$A_V$，$A_W$ | 電圧計 $V_U$，$V_V$，$V_W$ | 電力計 $W_U$，$W_W$ | 直流電圧計 V |
| 計器種類 | 可動鉄片形 | 整流計または可動鉄片形 | デジタルパワーメータ | デジタルパワーメータ | デジタルパワーメータ | デジタルパワーメータ | 可動 コイル形 |
| 計器記号 | |  | — | — | — | — | |

・電流力計形
電力計
・インバータの
モニタ

・可動鉄片形
電流計
・クランプ
メータ
・インバータの
モニタ

・整流形電圧計
・テスター
絶対値は信用で
きませんので、
アンバランス有
無の確認程度

・電流力計形
電力計
・インバータの
モニタ



# 6. 定期点検・メンテナンスのお願い（3）

## 定期交換部品

JEMA発行　汎用インバータ定期点検のおすすめより抜粋

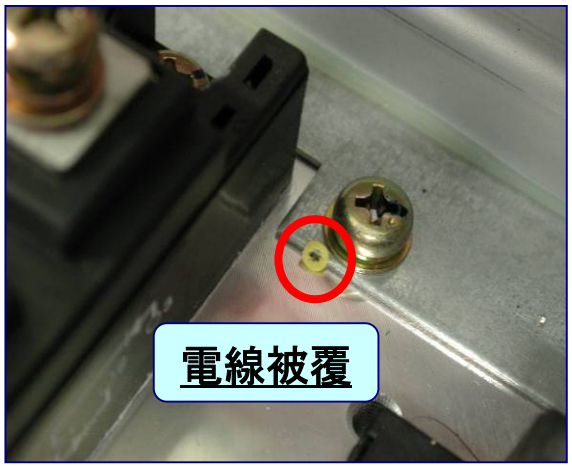
| 部品名 | 標準交換年数 | 交換方法・その他 |
|---|---|---|
| 冷却ファン | 2～3年 | 新品と交換 |
| 主回路平滑用<br>アルミ電解コンデンサ | 5年 | 新品と交換 |
| プリント板上<br>アルミ電解コンデンサ | 5年 | 新品基板と交換 |
| リレー<br>コンタクタ | ー | 調査のうえ決定 |

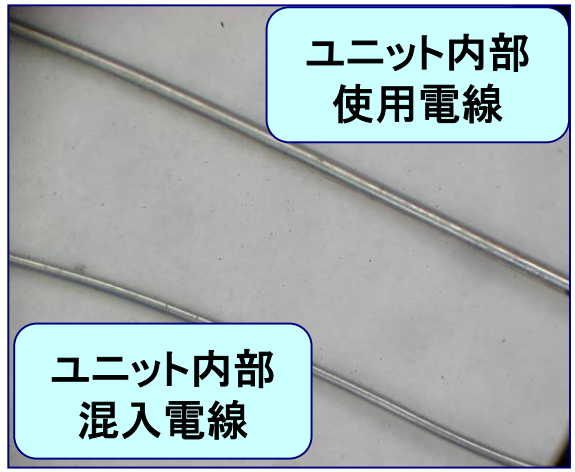
◆交換年数の目安は、インバータの取扱説明書などを参考にしてください

# 6. 定期点検・メンテナンスのお願い（4）

## 異物混入トラブルと対策

【事例】 破損ユニットの内部に、「電線被覆」ならびに「電線くず」が確認されました。

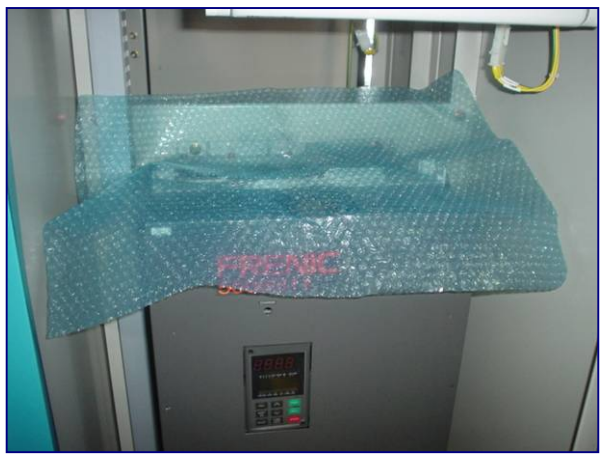





◆ユニット内部に混入した電線被覆、電線くずともにユニット内部では使用されていないものでした。

◆電線くずは、配電盤メーカ殿で使用している電線と合致する事が判明しました。

◆配電盤メーカ殿に異物混入防止の徹底を
依頼しました。



【対策】

◆作業時にはインバータの天面からの混入を防止する
ー作業後の除去を忘れずにー

# 6. 定期点検・メンテナンスのお願い（5）

## 結露・湿気トラブルと対策

【事例】 ボイラーの水蒸気が配電盤に直接かかる状況であったため、塵埃と水蒸気により銅バー間でスパークが発生した例

主回路銅バー

【対策】

◆盤内スペースヒーターの設置

・電気室にエアコンが設置されている場合は特に設定温度に注意

（エアコンの設定温度を季節によって変更する必要あり）

◆特に注意を要する用途

・フィルムラインなど加湿器の設置された環境

・水辺、国内南部の多湿地域に設置されたもの

# 6. 定期点検・メンテナンスのお願い（6）

## 粉塵トラブル

### 【事例1】

粉塵により冷却フィンが目詰まりになってしまった状態
（過熱アラームでトリップに至った）

冷却フィン部

### 【事例2】

粉塵が著しく、ユニット内全体が真っ黒になった状態（カーボン）
（主回路短絡事故に至った）

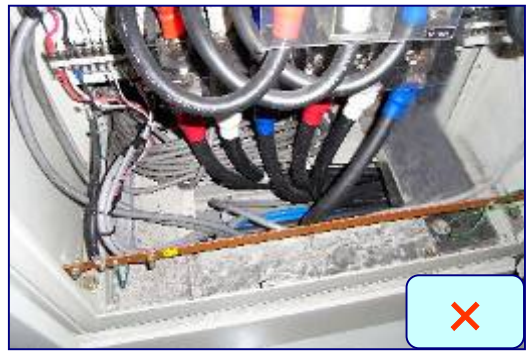
主回路部

# 6. 定期点検・メンテナンスのお願い(7)

## 粉塵対策

◆環境に適した、配電実装設計
　IP54、完全密閉など

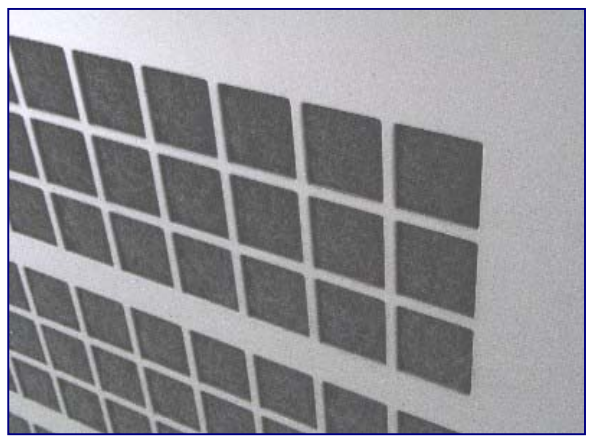
◆適切な盤施工
　電線引き込み口のコーキング、パッキン処理




◆盤内外の定期的な掃除
　電気品の養生、掃除機の使用、エアブロー禁止

◆フィルターの確実な定期メンテナンス
　目詰まりによる、異ルート吸気の防止

◆防虫、防鼠対策の実施



ご静聴

ありがとうございました。

アンケート用紙への

ご記入をお願い致します。

# ご質問などの受付連絡先


- 社団法人日本電機工業会
- 技術部　技術課　阿部倫也
- TEL：03-3556-5884
- FAX：03-3556-5892
- E-mail：tomoya_abe@jema-net.or.jp